APPLICAZIONI DEL 6502

EDIZIONE ITALIANA

Rodnay Zaks

SYBEX

GRUPPO EDITORIALE JACKSON

APPLICAZIONI DEL 6502

di
Rodnay
Zaks

GRUPPO
EDITORIALE
JACKSON
Via Rosellini, 12
20124 Milano

I programmi presentati in questo libro sono stati progettati per il loro valore educativo e controllati accuratamente. In ogni caso non si forniscono garanzie per qualunque motivo.

È stato compiuto ogni sforzo per fornire un'informazione completa ed accurata, comunque la Sybex non si assume responsabilità per quanto riguarda l'impiego; neppure qualsiasi infrazione di brevetti od altri diritti di parti terze che potrebbero derivare. Nessuna licenza è concessa dai costruttori mediante brevetto o diritti di brevetto. I costruttori si riservano il diritto di cambiare la circuiteria in qualsiasi momento senza preavviso.

In particolare sono soggetti a rapidi cambiamenti le caratteristiche tecniche ed i prezzi. Confronti e valutazioni sono presentati per il loro valore didattico e per criteri di scelta. Si rimanda il lettore ai dati del costruttore per caratteristiche più precise.

© Copyright per l'edizione originale SYBEX Inc. 1979
© Copyright per l'edizione italiana SYBEX Inc. 1981

Il Gruppo Editoriale Jackson ringrazia per il prezioso lavoro svolto nella stesura dell'edizione italiana le signore Francesca di Fiore, Rosi Bozzolo, l'ing. Sergio Zannoli e l'ing. Roberto Pancaldi. Traduzione a cura di eds electronic data service – Bresso (MI).

Tutti i diritti sono riservati. Stampato in Italia. Nessuna parte di questo libro può essere riprodotta, memorizzata in sistemi di archivio, o trasmessa in qualsiasi forma o mezzo, elettronico, meccanico, fotocopia, registrazione o altri senza la preventiva autorizzazione scritta dell'editore.

Fotocomposizione: Corponove s.n.c. – Bergamo
Stampa: Tipo Lito Ferrari Cesare & C. – Clusone (BG)

RINGRAZIAMENTI

Molte sono le persone che hanno contribuito al controllo, sviluppo e miglioramento di questi programmi. Uno speciale riconoscimento dell'autore va a: Pierre Le Beux, Daniel David, Jaff Lin, Eric Martinot, Tricourt e ad Eric Novikoff (Assembler ASM65).

Le persone seguenti hanno inoltre contribuito ad apprezzabili commenti sulle bozze finali del manoscritto ed il loro contributo merita un notevole riconoscimento: John McClenon, Doug Trusty, Phil Hooper, Daniel David, Robert Chitsum e John Smith.

Le seguenti industrie hanno consentito l'accesso ad informazioni apprezzabili, ed il loro contributo merita un notevole riconoscimento: Rockwell International, Synertek Systems, Apple.

I listing del Capitolo Quattro, parte 1, sono stati prodotti su un Sistema 65 della Rockwell. I listing della parte 2 sono stati prodotti con un assembler ASM65 riportato in Appendice A.

Contributi Artistici:
Daniel Lenoury (Illustrazione di copertina)
Barry Janoff e Renate Woodbury

RICHIAMO PER I PROGRAMMI

Nel corso del libro si incontreranno molti programmi pratici ed interessanti. Molti lettori vorranno sviluppare altri nuovi programmi di applicazione impiegando il 6502. Si prega di comunicarci eventuali miglioramenti dei programmi contenuti in questo libro oppure eventuali programmi sviluppati ex-novo purchè ritenuti interessanti. Tutti i nostri libri vengono costantemente aggiornati ed ampliati. Si scriva all'autore al seguente indirizzo:

Rodnay Zaks, Ref. D302
Sybex Inc.
2020 Milvia Street
Berkeley, CA 94704

È gradita anche la comunicazione di programmi addizionali eventualmente appropriati a questo libro per una sua successiva edizione.

PREFAZIONE

Questo libro presenta le tecniche di applicazione pratica del microprocessore 6502. Si assume una conoscenza elementare della programmazione del microprocessore a livello del libro precedente di questa serie (Riferimento C202: Programmazione del 6502). La comprensione di come programmare il chip del microprocessore stesso (il 6502) è soltanto un presupposto per la programmazione effettiva di una scheda a microprocessore connessa a dispositivi reali. Il problema successivo consiste nell'imparare come scrivere i programmi di applicazione effettiva coinvolgendo le porte d'ingresso/uscita ed altre caratteristiche disponibili in un sistema reale. Questo libro vuole costituire un indirizzo a tale problema. Esso presenterà le tecniche ed i programmi richiesti per le applicazioni tipiche, impiegando i chip d'ingresso/uscita effettivamente disponibili su una scheda.

I programmi presentati in questo libro richiederanno un minimo di hardware effettivo per essere realizzati. Si raccomanda quindi agli utenti l'acquisizione di una certa pratica sui concetti e le tecniche qui presentate su un hardware reale. Verrà presentata una descrizione realistica delle schede delle applicazioni possibili. I programmi sono eseguibili su qualunque microcomputer su scheda basato sul 6502 quale il KIM, il SYM, l'AIM65 ed altri. Molti programmi possono essere eseguiti direttamente su una o più di queste schede, mentre altri richiederanno alcune varianti. In ogni caso i concetti e le tecniche sono comuni a tutti.

I programmi di applicazione presentati in questo libro consentiranno al lettore di realizzare un sistema completo di allarme per abitazione comprendente, tra l'altro, la rivelazione d'incendio, un pianoforte elettronico, un regolatore di velocità di un motore, un controllore di trenino, un orologio, un sistema simulante il controllo del traffico, un generatore di codice morse, un sistema industriale per il controllo della temperatura, comprendente una conversione da analogico a digitale ed altre applicazioni.

Questo libro si propone di illustrare tutte le tecniche richieste per le applicazioni reali del 6502. In questa serie sul 6502 è preceduto da "Programmazione del 6502" ed è seguito da "Giochi con il 6502".

SOMMARIO

RICHIAMO PER I PROGRAMMI III

PREFAZIONE V

CAPITOLO 1 – INTRODUZIONE 1

CAPITOLO 2 – I CHIP D'INGRESSO/USCITA 5
- Introduzione 5
- Definizioni di base 5
- Il 6520 (PIA) 8
- Programmazione del 6522 27
- Il 6530 ROM-RAM I/O timer (RRIOT) 37
- Il RIOT 6532 38
- Sommario 39

CAPITOLO 3 – SISTEMI BASATI SUL 6502 41
- Introduzione 41
- Un sistema 6502 «Standard» 41
- Il KIM-1 43
- Il SYM-1 46
- L'AIM 65 52
- Altre schede 52

CAPITOLO 4 – TECNICHE DI BASE 53
- Introduzione 53
- **PARTE 1:** Le tecniche 55
- Relè 55
- Interruttori 61
- Altoparlante 63
- Un generatore Morse 64
- Orologio 79
- Un programma di controllo domestico 84
- Combinatore telefonico 86
- **PARTE 2:** Combinazioni di tecniche 93
- Introduzione 93
- Generazione del suono di una sirena 95
- Rilevamento di un impulso di ingresso 96
- Misura dell'impulso 99
- Un semplice programma musicale 102
- Controllo del traffico con il KIM 105
- Studio della tabella di moltiplicazione 109
- Sommario 109

CAPITOLO 5 – APPLICAZIONI INDUSTRIALI E DOMESTICHE 111
Introduzione 111
Un sistema di controllo del traffico 116
LED a matrice di punti 124
Visualizzazione del valore espresso dagli interruttori 132
Generazione di tono 134
Musica 137
Un sistema di allarme antifurto 142
Controllo di un motore in corrente continua 145
Conversione analogico-digitale (un sensore di calore) 152
Sommario 161

CAPITOLO 6 – LE PERIFERICHE 163
Introduzione 163
Tastiera 163
Lettore del nastro di carta o tastiera ASCII 170
Microstampante 176
Sommario 181

CAPITOLO 7 – CONCLUSIONI 183

APPENDICE A – UN ASSEMBLER IN BASIC DEL 6502 185
Introduzione 185
Descrizione generale 185
Impiego dell'assembler 186
Sintassi 187
HP 2000F BASIC 188

APPENDICE B – GIOCO DI MOLTIPLICAZIONE: IL PROGRAMMA 199

APPENDICE C – LISTING DEI PROGRAMMI (Capitolo 4, Parte 1) 202
Programma 4-1: Morse 202
Programma 4-2: Tempo del giorno 206
Programma 4-3: Controllo domestico 208
Programma 4-4: Combinatore telefonico 210

APPENDICE D – TABELLA DI CONVERSIONE ESADECIMALE 214

APPENDICE E – TABELLA DI CONVERSIONE ASCII 215

APPENDICE F – ISTRUZIONI DEL 6502 (in ordine alfabetico) 216

CAPITOLO 1

INTRODUZIONE

Nell'apprendimento della programmazione, la comprensione del funzionamento del microprocessore stesso è soltanto il primo problema da risolvere. Questo problema è stato affrontato dal libro *Programmazione del 6502*. Il problema successivo consiste nell'imparare effettivamente a programmare, impiegando dispositivi d'ingresso/uscita connessi alla scheda del microprocessore. La risoluzione di tale problema è lo scopo di questo libro. Naturalmente è impossibile la realizzazione di un libro che copra tutti i dispositivi possibili. È quindi stata fatta una scelta tra i dispositivi più importanti che sono normalmente connessi ad un 6502 e vengono presentati i relativi programmi di applicazione ritenuti più generali.

Innanzi tutto è necessario imparare a programmare effettivamente un PIO, il chip d'ingresso/uscita parallelo. Si imparerà l'impiego del polling e dell'interrupt. Si apprenderà come generare impulsi, ritardi di misura ed il controllo effettivo, dispositivi d'ingresso/uscita quali switch, relé, oppure dispositivi più complessi quali convertitori digitale - analogico, motori ed altri. Si imparerà inoltre come impiegare chip d'ingresso/uscita più complessi come un *temporizzatore programmabile*. Verranno presentate delle interfacce per semplici dispositivi per dare la possibilità di una realizzazione effettiva di una scheda di applicazione.

Per un effettivo apprendimento della programmazione si raccomanda vivamente una pratica diretta. Questo è l'unico modo per diventare un esperto programmatore. Per la pratica è necessario disporre di una scheda di microcomputer quali il KIM, il SYM, l'AIM65 oppure una scheda qualsiasi basata sul 6502. Poiché normalmente tutte le schede forniscono almeno un PIO (spesso 2) ed almeno due temporizzatori (talvolta di più), tutti i programmi presentati in questo libro possono essere trasferiti su queste schede con modifiche minime.

I Capitoli 4, 5 e 6 sono dedicati alla discussione sull'hardware addizionale richiesto per l'esecuzione di programmi specifici. In particolare i capitoli suddetti riportano la descrizione di schede di applicazione che possono essere realizzate a basso costo a partire da componenti molto comuni. Si suggerisce la realizzazione di tali schede per acquisire una certa pratica.

Questo non è comunque indispensabile. È possibile apprendere tutte le tecniche di base mediante la sola lettura del libro.

Connessione del microprocessore al mondo esterno

La connessione del microprocessore stesso al mondo reale coinvolge preliminarmente la realizzazione di una scheda microprocessore di base, cui è demandata la connessione del dispositivo reale. Per la connessione del dispositivo reale sulla scheda sono richieste interfacce hardware e software. Questo libro presenta in dettaglio sia i componenti hardware sia i programmi richiesti per i dispositivi impiegati più comunemente. Per la realizzazione di programmi industriali che normalmente coinvolgono dispositivi costosi, quali i segnali di traffico, verranno impiegati dei dispositivi simulati sulla scheda applicativa, per esempio mediante dei LED. Se il programma deve essere applicato ad un sistema del traffico reale normalmente occorrerà cambiare soltanto l'interfaccia hardware. Il programma rimane sostanzialmente identico. Le

tecniche e gli artifici che si apprenderanno in questa sede saranno quindi applicabili alle situazioni reali.

La pedagogia

Nel corso della lettura di questo libro si "impara eseguendo". Di ogni programma si presenterà in dettaglio: lo scopo, il diagramma di flusso, l'interfaccia hardware, i dispositivi, il programma stesso e l'analisi completa delle tecniche impiegate. Ogni capitolo è fondamentalmente autonomo. Per esempio non è necessaria la comprensione di tutte le caratteristiche del PIO, presentate al Capitolo 2, per la lettura del Capitolo 3. Per una comprensione completa si raccomanda comunque una lettura sequenziale. I contenuti del Capitolo 2 introducono tutti i più comuni chip di I/O parallelo impiegati in un sistema basato sul 6502, dal 6520 al 6532. Poiché tutte le schede esistenti del 6502 attualmente disponibili, impiegano questi chip standard, questo capitolo è fondamentale per coloro che non hanno familiarità con essi.

Il Capitolo 3 presenta la "Scheda Standard del 6502" ed alcune varianti ben note: KIM, SYM, AIM65 (ne esistono altre). La maggior parte degli esempi presentati in questo libro saranno eseguiti direttamente su un SYM e, con piccole variazioni su un KIM o su altre schede.

Il Capitolo 4 introduce le tecniche di applicazione di base per la connessione di dispositivi semplici: relé, switch, altoparlanti. La prima scheda di applicazione sarà impiegata per applicazioni che vanno da un generatore Morse ad un combinatore telefonico.

Il Capitolo 5 presenta applicazioni home ed industriali più complesse. La seconda scheda di applicazione sarà impiegata per applicazioni che vanno dal controllo simulato del traffico alla conversione analogico-digitale fino ad un sistema antifurto completo per la casa oppure un pianoforte elettronico.

Nel Capitolo 6 le periferiche a basso costo, attualmente disponibili, vengono connesse ad una scheda di microcomputer: dal lettore del nastro di carta alla tastiera e stampante.

Infine il Capitolo 7 presenta un sommario ed una sintesi.

Inoltre l'Appendice A riporta un assembler completo per il 6502 scritto in BASIC, per facilitare lo sviluppo di programmi complessi richiedenti un assembler.

Alla pagina successiva è riportato un modulo di programmazione standard per facilitare la scrittura dei programmi del 6502.

SYBEX

STANDARD PROGRAMMING FORM

PROGRAM _____

AUTHOR _____ DATE ___/___/___ SHEET ___/___

HEXADECIMAL ADDRESS	1	2	3	LABEL	MNEM	OPERAND	COMMENT

SYMBOLIC ASSEMBLER INSTRUCTIONS

copyright SYBEX 1981

Figura 1-1: Modulo standard di programmazione

CAPITOLO 2

I CHIP D'INGRESSO-USCITA

INTRODUZIONE

In questo libro collegheremo diversi dispositivi di ingresso-uscita a un 6502 con lo scopo di realizzare applicazioni pratiche con microcomputer. È quindi fondamentale conoscere le possibilità di ingresso-uscita di un sistema 6502. Il lettore che non ha familiarità con i termini o con le tecniche di base (ad esempio "polling") è invitato ad esaminarle nel precedente volume di questa serie *Programmazione del 6502*.

In questo capitolo esamineremo sistematicamente i chip di ingresso-uscita paralleli, usati su quasi tutti i sistemi 6502, per fornire le caratteristiche di ingresso-uscita richieste. È indispensabile sapere come lavora almeno un "PIO" prima di passare ai capitoli delle applicazioni. I dettagli sul funzionamento del timer o altre caratteristiche particolari (ad esempio uno shifter), non sono essenziali in una prima lettura e possono quindi essere omessi. Allo stesso modo i particolari ed i formati dei diversi registri interni del 6520, 6522, 6530, 6532, non sono importanti da ricordare. Essi sono forniti qui come riferimento per i capitoli successivi.

Suggeriamo comunque di leggere con attenzione almeno uno dei paragrafi su un PIO, per esempio il 6520 o il 6522, senza cercare di ricordare tutti i dettagli, ma insistendo sul loro modo di operare. Quasi ogni applicazione farà uso di un PIO, come avviene per i chip presentati in questo paragrafo.

Oltre a questi chip molti sistemi a microcomputer comprenderanno altre interfacce ingresso -uscita specializzate, come ad esempio un'interfaccia per cassette o per CRT. Chi è interessato ai dettagli di queste particolari interfacce, è rimandato alla documentazione fornita dai costruttori o al libro *"Tecniche di Interfacciamento dei Microprocessori"* sempre edito dal Gruppo Editoriale Jackson.

DEFINIZIONE DI BASE

Questo paragrafo è un promemoria dei termini che useremo nel corso del capitolo.

Le tre principali realizzazioni ingresso-uscita su quasi tutti i sistemi a microcomputer sono il "PIO", l'"UART", e il "timer". Esaminiamole:

Il PIO

Il "PIO" o "chip d'ingresso-uscita parallelo", è un componente che fornisce almeno due porte parallele ad 8 bit. In un PIO l'uso in direzione di ogni linea di ciascuna porta è di solito programmabile. La direzione di ogni linea è generalmente determinata dal contenuto di un "registro di direzione dati" associato ad ogni porta. Quando uno specifico bit del registro direzione dati è, per esempio, "0", la corrispondente linea della porta sarà un ingresso. Prima di usare il PIO il programmatore dovrà caricare il registro di direzione dati di ciascuna porta, per definire in quale direzione saranno usate le linee. Limitazioni particolari possono essere imposte dal

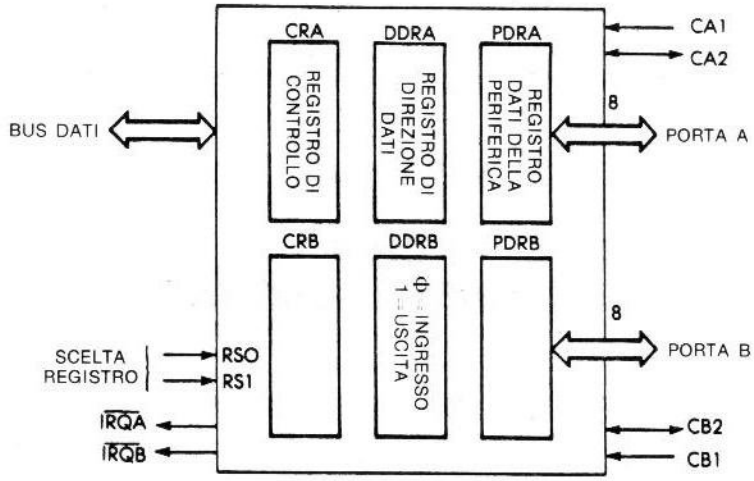


Figura 2-1: PIO tipico

costruttore, come ad esempio restringere la programmazione delle linee a gruppi di quattro, oppure assegnare funzioni speciali alle posizioni di alcuni bit, per esempio il bit sei e il bit sette. Alcune di queste limitazioni le vedremo nei chip presentati in questo capitolo. Il diagramma a blocchi dell'interno del "PIO standard" è mostrato in Figura 2-1. Sulla destra della figura si vedono i due buffer per la porta A e la porta B. Sulla sinistra dei buffer si vedono i registri di direzione dati associati a ciascuna porta. Inoltre questo diagramma semplificato è provvisto di due registri di controllo. Il registro di controllo è necessario per specificare la funzione dei segnali di controllo che sono forniti da questo PIO. In particolare esso deve determinare e controllare la procedura di "hand-shaking", oppure, ad esempio, può essere usato se i segnali di controllo forniscono il trigger per flag o interrupt e anche se avviene una transizione basso-alto, o una transizione alto-basso. In genere il programmatore chiarirà il contenuto del registro di controllo prima di fare un qualsiasi uso delle linee di controllo fornite dal componente. Il programmatore guarderà il contenuto del registro di controllo anche per determinare se è stato rilevato un interrupt interno o un'altra condizione speciale (informazione dello stato).

Oltre alle due porte dati, un PIO può fornire delle linee di controllo per permettere hand-shaking automatico con una periferica. Queste linee di controllo sono mostrate sulla destra del PIO standard di Figura 2-1, e sono chiamate rispettivamente CA1, CA2 per la porta A, CB1, CB2 per la porta B.

Come esempio di procedura di hand-shaking consideriamo una periferica esterna che fornisce un segnale di "DATI PRONTI" su CA1. Il microprocessore risponderà con un segnale di "RICHIESTA DATI" su CA2. Inoltre quando un segnale di "dati pronti" è ricevuto su CA1, può essere annotato nel registro di controllo, ed esternamente può essere generata una richiesta di interrupt per avvisare di questo evento il 6502. Questo è un semplice esempio tipico di sequenza di controllo, richiesta per un effettivo hand-shaking. Gran parte di questa procedura è automatica all'interno del PIO standard, e le opzioni sono definite dal contenuto del registro di controllo. I dettagli verranno mostrati per ogni PIO che descriveremo a partire da pagina 8.

Il Timer

Una necessità di base in più applicazioni pratiche è la possibilità di generare particolari *ritardi*. I ritardi possono essere misurati con tecniche software o anche con timer hardware. Finché

non sono usati interrupt nel sistema, i ritardi sono di solito generati, in maniera conveniente, mediante cicli software (per i particolari si veda il libro già menzionato *Programmazione del 6502*). Comunque, in situazioni più complesse, o in situazioni in cui possano esserci interrupt, è preferibile usare uno o più timer hardware esterni per generare o misurare ritardi fissati.

Impiego del Timer in Uscita

Nella sua forma più semplice un timer hardware è un contatore equipaggiato con un registro (8 o 16 bit). Quando è usato in uscita il registro del timer è caricato con un valore fornito dal programma. È poi dato un segnale di "avanti" ed esso comincia a contare. Molti timer usano il clock di sistema, ma non necessariamente (di solito un M Hz di clock = impulsi di un microsecondo). Il numero posto nel registro del contatore sarà decrementato di uno per ogni successivo impulso di clock. Se il valore nel registro era N, il contenuto del contatore raggiungerà zero dopo N impulsi, cioè dopo N microsecondi, considerando impulsi di un microsecondo. Quando il contatore arriva a zero, si posizionerà un flag di stato nel chip del timer e/o si genererà un interrupt esterno. In funzione della precisione richiesta il programma sonderà i dispositivi timer o accetterà interrupt. In questo capitolo saranno presentati programmi tipici.

Se il timer sarà costituito da un solo registro a 8 bit, conterà solo da uno a 256. Il massimo ritardo con un clock standard, potrà essere solamente di 256 microsecondi. Questo ritardo è troppo corto per la maggior parte delle applicazioni. Naturalmente sarà possibile usare l'interrupt generato alla fine dei 256 microsecondi, per aggiornare una locazione di memoria, poi sondare questa locazione di memoria per vedere se ha raggiunto uno specifico valore. Comunque ciò porterà ad una non accurata misurazione del tempo e ad una certa scomodità nel procedimento. Quindi un timer che impiega un registro ad 8 bit sarà insufficiente. Per superare questa limitazione sono usate due tecniche. Concettualmente la più semplice è quella di impiegare come contatore un registro a 16 bit. Il contatore può quindi contare da uno a 64 K, cioè da un microsecondo a 65·536 microsecondi, cioè circa 65 millisecondi. Questo è certamente sufficiente per la maggior parte delle applicazioni. Tale tecnica comunque richiede che il timer sia caricato con almeno due operazioni, dal momento che il bus dei dati può trasferire solamente 8 bit. Un inconveniente è che il programma deve prima caricare una metà del registro, poi l'altra metà. L'altra tecnica per generare ritardi su un ampio campo è di usare circuiti divisori interni al timer. Un timer siffatto apparirà al programmatore come un dispositivo formato, probabilmente, di quattro registri. Per esempio, se è usato il primo registro, il ritardo generato sarà espresso in unità di clock (in genere 1 microsecondo). Se è usato il secondo registro l'unità di ritardo sarà 8 volte il ciclo di clock; nel terzo l'unità di temporizzazione sarà 64 volte il ciclo di clock, e nel successivo sarà 1·024 volte il ciclo di clock (o approssimativamente un millisecondo, assumendo il clock di 1 MHz. Questo approccio è molto più conveniente al programmatore e offre la possibilità di caricare il timer con una sola operazione, usandolo su un ampio campo. Aumenta comunque la complessità interna del dispositivo.

Impiego del Timer in Ingresso

Un timer può essere usato in ingresso per misurare la durata di un impulso esterno, oppure il tempo trascorso fra due impulsi successivi. In questo caso il contenuto iniziale del contatore del timer è zero e il suo registro interno sarà incrementato ad ogni intervallo di tempo. Una volta che il ritardo è stato misurato sarà posizionato un flag dal dispositivo, oppure sarà generato un interrupt e il programma sarà responsabile della lettura del contenuto del registro del contatore, il quale indica la durata dell'evento esterno.

Treni di Impulsi

Un timer può essere usato non solo per generare o misurare un impulso, ma anche per generare o contare un treno di impulsi. Quando si genera un ritardo o si misura un impulso, il mo-

do di funzionamento è in genere detto "one-shot" (conta-uno). Quando si genera un treno di impulsi si dice modo "free-running" (corsa libera). Oltre a queste, esistono diverse possibilità per decidere se far partire o fermare il timer in corrispondenza di una transizione alto-basso o basso-alto del segnale, o anche se devono essere considerati i livelli invece degli impulsi. Inoltre possono essere specificati la temporizzazione e il valore logico del flag di interrupt. Oltre a ciò possono essere programmate le condizioni secondo cui lo stato interno è posizionato. A causa del grande numero di possibili variazioni, ogni timer tende ad essere fortemente personalizzato, ed è necessario studiarlo in dettaglio prima di farne uso.

L'UART

"UART" sta per "Universal Asynchronous Receiver-Transceiver" (Ricetrasmettitore Asincrono Universale). La funzione essenziale dell'UART è eseguire conversioni seriale-parallelo e parallelo-seriale. Oltre a ciò l'UART standard fornisce un numero di opzioni abitualmente richieste per le comunicazioni seriali con dispositivi esterni, ad esempio la parità (controllo, inibizione o generazione) e bit d'inizio e fine. La conversione è eseguita da uno shifter interno. Un tale shifter può anche essere incorporato in alcuni chip ingresso-uscita.

Dispositivi reali d'ingresso-uscita del 6502

Praticamente ogni scheda basata sul 6502 richiederà almeno 2 PIO ed un timer. Queste funzioni saranno in genere eseguite da una combinazione di chip 6520 e 6530 o da un 6522 e 6532. I 6520 e 6530, che saranno descritti in seguito, sono gli originali chip ingresso-uscita che furono introdotti dalla MOS Technology. Il 6502 è ora prodotto da parecchi altri costruttori, ad esempio Synertek e Rockwell, e sono stati introdotti altri chip addizionali di supporto, ad esempio il 6522 e il 6532; in futuro ne saranno probabilmente introdotti altri.

In questo momento, comunque, i chip più importanti sono il 6520, 6530, 6522 e il 6532. Ora descriveremo questi quattro fondamentali chip d'ingresso-uscita.

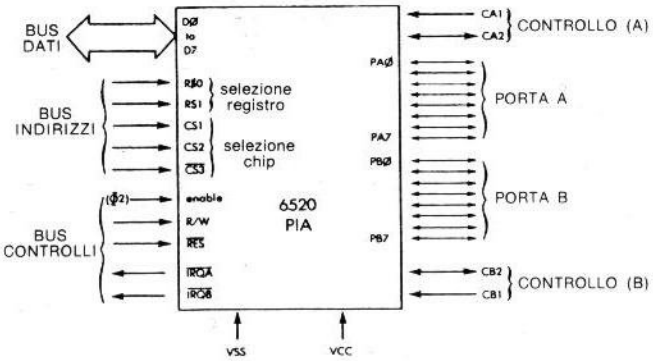


Figura 2-2: Il PIA 6520

IL 6520 (PIA)

Il 6520 è un "PIO" quasi puro, per come lo abbiamo definito. Esso è stato progettato come una sostituzione pin-for-pin del Motorola M6820, ed è stato chiamato dal costruttore "peripheral interface adapter" o "PIA" (adattatore d'interfaccia della periferica). I segnali del 6520 sono mostrati in Figura 2-2. La sua architettura interna è mostrata in Figura 2-3.

Con riferimento alla Figura 2-3, si può vedere che questo dispositivo fornisce due porte parallele d'ingresso-uscita, la porta A e la porta B. Ogni porta è fornita di un buffer. Ad ogni modo le due porte non sono completamente identiche e in realtà il buffer lavora soltanto come buffer d'uscita e non d'ingresso. Un registro di direzione dati ("DDR") è disponibile per ogni porta e specifica la direzione di ogni linea della porta. Un valore "0" in DDR indica un ingresso e un valore "1" indica un'uscita. La scelta della convenzione deriva da una considerazione di sicurezza: quando si applica un "RESET", il contenuto di tutti i registri va a zero ed il registro di direzione dati diventerà zero. Come risultato tutte le linee saranno configurate come *ingressi*; questo è un modo sicuro per avviare un sistema. Nessun impulso esterno può infatti essere generato fino a che il programma non comincia ad essere eseguito.

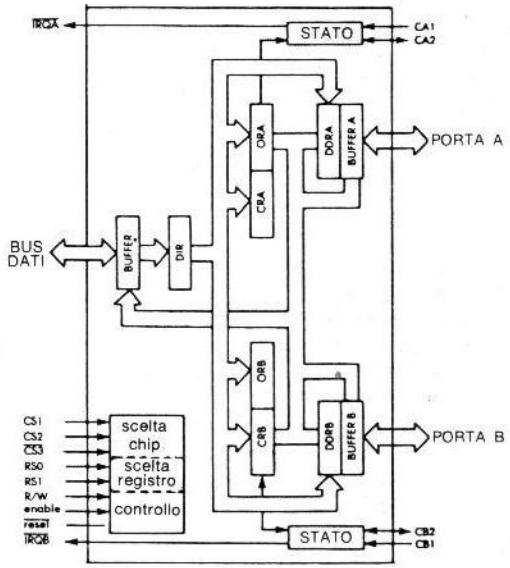


Figura 2-3: Architettura Interna del 6520

Inoltre ogni porta è equipaggiata con due registri, il *registro di controllo* ed il *registro d'uscita*. I dati spediti dal 6502 al dispositivo sono raccolti nel *registro d'uscita* (ORA) della porta indicata, dove sono trattenuti. La funzione del *registro di controllo* (CRA) sarà spiegata in seguito. Esso specifica il ruolo di diverse possibilità di controllo e contiene l'informazione dello stato, per ogni porta.

Infine ogni porta è munita di due linee di controllo esterno, indicate con CA1 e CA2 per la porta A. CA1 è una linea unidirezionale dal dispositivo al 6520. CA2 è una linea bidirezionale, che può essere usata come ingresso o come uscita.

Le due porte sono logicamente equivalenti e simmetriche, come indicato in Figura 2-3. Ad ogni modo esistono delle differenze pratiche. In particolare, la capacità di guida della porta B è superiore a quella della porta A, ed il ruolo dei segnali di controllo non è completamente simmetrico.

Guardando ora alla sinistra della Fig. 2-3, o alla Figura 2-2, il bus dati, collega il buffer interno del 6520 al bus dati del sistema. Possono essere generate dal dispositivo due richieste di interrupt, se ciò è specificato dai contenuti dei registri di controllo delle porte A e B; esse sono rispettivamente IRQA e IRQB. Infine tre ingressi di selezione chip devono essere specificati per il dispositivo e sono indicati con CS1, CS2 e CS3. Questo progetto era usato dalla Motorola per permettere l'adeguato collegamento diretto di 8 separati dispositivi al bus dati, senza aver bi-

sogno di un decodificatore esterno di indirizzi. In pratica l'alto numero di ingressi di selezione chip, può risultare un inconveniente che sarà indicato più avanti (mancanza di un selezione registro). Sono forniti due ingressi di selezione registro, connessi al bus indirizzi. Sono indicati con RS0 e RS1. Questo significa che il rispositivo 6520, appare al programmatore come *quattro* locazioni di memoria. Ciò può sorprendere dal momento che abbiamo appena visto (vedi Figura 2-3) che ci sono quattro registri per porta, cioè un totale di *otto registri*. Come è possibile indirizzare 8 registri con soli quattro valori? Questo è un problema generato dalla limitazione del numero di pin del dispositivo. Un bit del registro di controllo, il bit 2, è usato per individuare i due set di registri. Quando il bit 2 del registro di controllo è uguale a "0", è selezionata la direzione dati per quella porta. Quando è a "1", è selezionato il buffer di interfaccia della periferica.

Infine, sono disponibili tre ulteriori linee di controllo: "R/W" (lettura o scrittura), "enable" (di solito la fase due del clock), ed infine "reset".

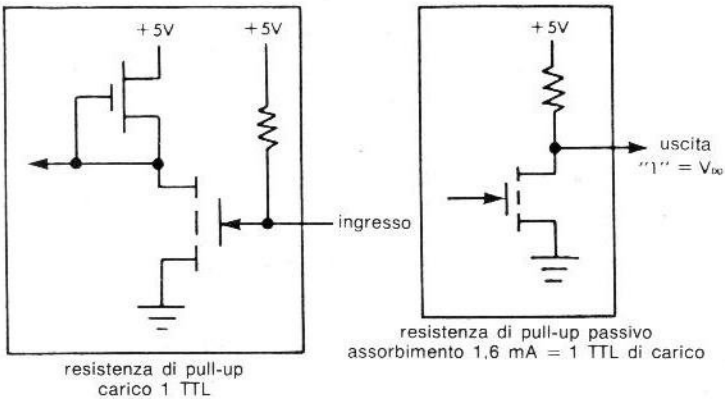


Figura 2-4: Buffer A

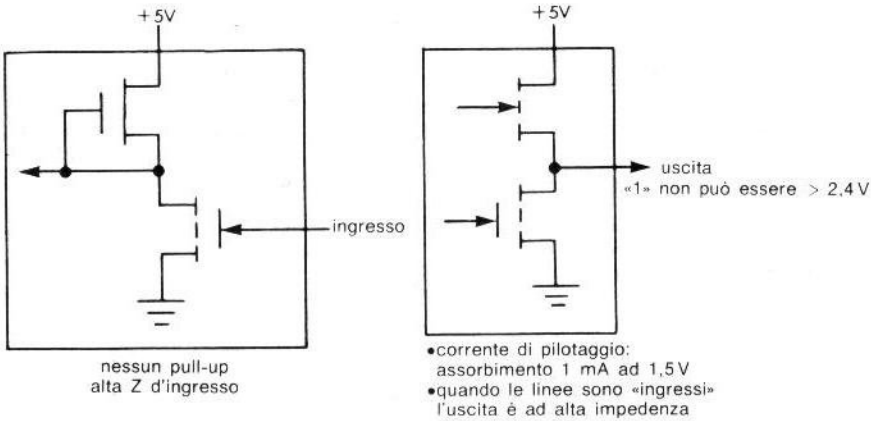


Figura 2-5: Buffer B

Differenze fra la porta A e la porta B

La porta A e la porta B, anche se logicamente equivalenti, sono fisicamente diverse. I buffer della porta A usano *pull-up passivi*. Essi possono assorbire 1,6 mA, mettendo in grado i buffer di pilotare un carico TTL standard. Sulla porta B i buffer sono costituiti da dispositivi in *push-pull* (vedi Figura 2-4 e Figura 2-5). Dal momento che essi sono dispositivi *attivi*, la tensione logica di "1" non può essere superiore a 2,4 Volt (V_{DD} nel caso della porta A). Comunque essi hanno una corrente di pilotaggio superiore (1 mA a 1,5 V), possono quindi essere collegati direttamente a LED, o a Darlington. Infine, quando la porta B è usata come *ingresso*, il buffer d'uscita, entra in uno stato di *alta-impedenza*, l'ingresso presenterà quindi un'alta impedenza (maggiore di un MOhm). I particolari del buffer della porta A sono mostrati in Figura 2-4, e quelli del buffer della porta B in Figura 2-5.

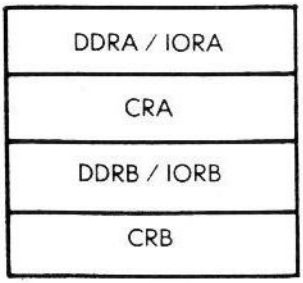


Figura 2-6: Mappa di Memoria del 6520

I Registri Interni

Andiamo ora a considerare in maggior dettaglio le caratteristiche del 6520. Innanzi tutto, come abbiamo già notato, il 6520 è munito di sei registri interni: i due buffer (che condividono l'indirizzo del registro d'uscita), i due registri di direzione dati ed i due registri di controllo. Comunque, a causa della limitazione del numero di pin, sul dispositivo sono disponibili solamente due pin per la selezione registro, indicati rispettivamente con RS0 e RS1. La conseguente mappa di memoria del 6520 è mostrata in Figura 2-6. Essa mostra ad esempio che i registri DDRA e IORA condividono lo stesso indirizzo logico di memoria. Il registro di controllo è indirizzato indipendentemente. Il 6520 distingue internamente il DDRA e IORA tramite il valore del bit 2 del registro di controllo. La selezione dei registri è presentata in Figura 2-7. Quando il bit del registro di controllo è "0" viene selezionato il DDR. Quando è a "1" è selezionato il registro 10 o registro buffer. Il registro di controllo è l'unico che può essere indirizzato direttamente da RS0 e RS1, dal momento che è necessario definire il contenuto di tale registro prima di accedere agli altri.

RS1	RS0	CRA-2	CRB-2	REGISTRO SELEZIONATO
0	0	1	-	BUFFER A
0	0	0	-	DDRA
0	1	-	-	CRA
1	0	-	1	BUFFER B
1	0	-	0	DDRB
1	1	-	-	CRB

Figura 2-7: Selezione di Registro nel 6520

Questo schema implica che l'inizializzazione del dispositivo è un po' più complessa di quel che dovrebbe essere, e che, se il programma ha necessità di accedere successivamente al DDRA e al IORA, devono essere inserite ogni volta istruzioni per modificare il contenuto del bit 2 del CRA. Questo è certamente un inconveniente.

Il Registro di Controllo

Ciò che è contenuto nel registro di controllo è mostrato in Fig. 2-8. Si è già dichiarato che il bit 2 di questo registro ha una funzione speciale: esso individua i registri DDR e IOR per una data porta. Gli altri bit all'interno del registro, permettono opzioni per le due linee di controllo disponibili su ogni porta, e due bit sono riservati per lo stato o l'informazione di interrupt. Le funzioni del registro di controllo A, sono regolate dai bit 3, 4 e 5 e sono mostrate in Figura 2-9.

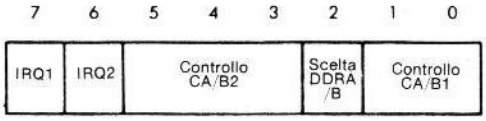


Figura 2-8: Registri di Controllo del 6520

CRA BIT 5	4	3	MODO	EFFETTO
1	0	0	Handshake in lettura	• Transizione di interrupt sull'ingresso CA1 alza CA2. • Un'istruzione di lettura sulla Porta A abbassa CA2.
1	0	1	Impulso d'uscita	• La lettura sulla Porta A abbassa CA2 per un ciclo (= dispositivo riconosciuto).
1	1	0	Uscita manuale	abbassa CA2
1	1	1	Uscita manuale	alza CA2

Figura 2-9: Controllo CA2 del 6520

CRA BIT 5	4	3	MODO	EFFETTO
1	0	0	Handshake in scrittura	• Transizione di interrupt sull'ingresso CB1 alza CB2. • Scrittura dati sulla Porta B abbassa CB2.
1	0	1	Impulso d'uscita	• Scrittura dati sulla Porta B abbassa CB2 per un ciclo (= dispositivo riconosciuto).
1	1	0	Uscita manuale	abbassa CB2
1	1	1	Uscita manuale	alza CB2

Figura 2-10: Controllo CB2 del 6520

Le funzioni delle due linee di controllo della porta B, sono regolate dai bit 3, 4 e 5 del suo registro di controllo e sono mostrate in Figura 2-10. I bit 0 e 1 eseguono il controllo dell'interrupt per gli ingressi CA1 e CB1. Essi sono mostrati in Figura 2-11.

CR BIT		TRANSIZIONE ATTIVA DEL SEGNALE D'INGRESSO	USCITA IRQ
0	0	negativo	disabilita (alto)
0	1	negativo	abilita (va basso quando il bit 7 di CRA è alzato da una transizione di CA1 / CB1)
1	0	positivo	disabilita (alto)
1	1	positivo	abilita (come sopra)

Figura 2-11: Controllo Interrupt (Ingressi CA1, CB1)

Impiego del 6520

Dopo un "RESET" il contenuto di tutti i registri sarà zero. Il 6520 deve, quindi, innanzi tutto essere inizializzato per definire la configurazione di ingresso ed uscita per entrambe le sue porte. Devono anche essere specificate le opzioni per il registro di controllo e normalmente il 6520 viene fatto partire con un "1" nel bit 2 di tale registro, cosicché il 6502 può accedere direttamente al registro IOR.

Una sequenza tipica è la seguente:

```
LDA     #$0F      "00001111" = 4*INGRESSI, 4 USCITE
STA     DDRA      CONFIGURA LA DIREZIONE
LDA     #CONTROL  OPZIONI DI CONTROLLO:
                  BIT 2 = 1 PER INDIRIZZARE IORA
STA     CRA
```

Ingresso - Uscita

Si può mandare fuori dati sulla porta A con le seguenti due istruzioni (assumendo il bit 2CRA = "1"):

```
LDA     #DATI     O ANCHE LDA $ 20 (DA MEMORIA)
STA     IORA
```

La lettura di un ingresso collegato al 6520 avviene tramite le istruzioni:

```
LDA     IORA
STA     $20       SALVA I DATI IN MEMORIA
```

In questo caso abbiamo caricato in modo immediato il contenuto dell'accumulatore nella locazione di memoria 20 (esadecimale). Ad ogni modo non è indispensabile usare questo metodo. In molti casi si vuole semplicemente portare il contenuto di IORA nell'accumulatore e poi, probabilmente, se ne vuole valutare il valore ma non necessariamente si vuole memorizzarlo.

Avvertenze sul 6520

Oltre a ricordare la differenza fra le porte A e B, bisogna anche ricordare alcune caratteristiche particolari delle funzioni di controllo. In particolare, sulla porta A o B i bit 6 e 7 sono azzerati se il 6 è un ingresso e se stiamo leggendo. Inoltre la *lettura* di un dato sulla porta B, azzera

il bit 7. L'handshake su CB2, a differenza dell'handshake su CA2, serve per la *scrittura* di dati su B (CA2 agisce come *read* o *write*). Infine il bit 6 o 7 possono generare interrupt.

Polling del 6520

Il modo più semplice per fare il polling di più 6520, è di controllare lo stato dei bit 6 e 7 del registro di controllo. Quando entrambi questi bit sono a zero, il dispositivo non richiede alcun servizio. Se uno dei due bit è a "1", è stato generato un interrupt interno e deve essere servito.

Prima Tecnica

Per individuare facilmente quale dei quattro dispositivi ha richiesto servizio, può essere usato il metodo di accesso sequenziale a una tabella, purché gli indirizzi dei quattro dispositivi siano sequenziali in memoria. L'indirizzo n sarà assegnato a CRA1, l'n + 1 a CRB1, l'n + 2 a CRA2, l'n + 3 a CRB3, etc. Il programma dovrà poi fare uso del metodo di indirizzamento indiretto indicizzato come mostrato di seguito:

```
START   LDX     #8          INDICE
NEXT    LDA     (BASE-1,X)  ACCESSO AL SUCCESSIVO CR
        BMI     SERVICE     IRQ È ALTO?
        DEX                 X = X - 1
        BEQ     START
        BNE     NEXT
```

```
BASE    -WORD CRA 1    PIO #1  PORT A
        -WORD CRB 1            PORT B
        -WORD CRA 2    PIO #2  PORT A
        -WORD CRB 2            PORT A
        -WORD CRA 3    PIO #3  PORT A
        -WORD CRB 3            PORT B
        -WORD CRA 4    PIO #4  PORT A
        -WORD CRB 4            PORT B
```

Figura 2-12: Identificazione del PIO

Il registro indice è inizialmente posto al valore "8" ed è successivamente decrementato di 1 ogni volta che si esegue il ciclo di polling. L'accumulatore è caricato con il contenuto dell'ultimo elemento entrato nella tabella, in precedenza:

```
LDA     (BASE-1,X)
```

Se il bit 7 era al valore logico alto (il bit 7 è il bit del segno 0 flag "N"), dovrà essere eseguita la routine di servizio:

```
BMI     SERVICE
```

Se il flag N non era stato posto ad 1, X viene decrementato ed è valutato il successivo CR:

```
DEX
BEQ     START     RICOMINCIA SE X = 0
BNE     NEXT      AVANTI SE X NON 0
```

Miglioramento: scambiando le ultime due istruzioni si aumenta la velocità del programma?

Seconda Tecnica

All'interno di ogni CRA devono essere valutati due bit: il 6 e il 7. L'istruzione "BIT" del 6502 è stata creata per questo scopo specifico. Essa esegue un confronto non distruttivo che valuta il contenuto dei bit 6 e 7. Il programma di polling del 6520 appare in Figura 2-13.

```
BIT        CRA

           BMI    IRQA7
           BVC    NOTA1
IRQA6      ...              TROVATO IRQ A2 (BIT 6)
.
.
.
IRQA7      ...              TROVATO IRQ A1 (BIT 7)
.
.
.
NOTA1      BIT    CRB       LO STESSO PER LA PORTA B
           BMI    IRQB7
           BVC    NEXT2
IRQB6      ...              TROVATO IRQ B2 (BIT 6)
.
.
.
IRQB7      ...              TROVATO IRQ B1 (BIT 7)
.
.
.
NEXT2      BIT    ...       SUCCESSIVO 6520
           .
           .
           .
```

Figura 2-13: Identificazione delle Porte

L'istruzione "BIT" è usata per valutare se uno dei due bit, 6 o 7, è a "1". Ciò si esegue con:

```
BIT        CRA
```

Dobbiamo poi vedere se il bit 6 o il 7 era a "1". L'istruzione BIT influenza i flag V e N, quindi si può ora fare un test su tali flag;

```
BMI        IRQA7      BIT 7 = 1
BVC        NOTA1      NON È STATO TROVATO INTERRUPT
```

Se nessun flag era stato posto ad 1 si passerà a NOT A1, dove sarà valutato il CRB. Il bit 7 è pesato con l'istruzione BMI. Se il bit 7 era uno, sarà posto ad 1 il bit del segno N, e sarà eseguita la routine all'indirizzo IRQA7.

In caso contrario sarebbe stato il bit 6 ad essere posto ad 1 e, sarebbe stata eseguita dopo BMI, la routine all'indirizzo IRQ6.

Questa procedura può essere applicata ad ognuno dei 6520. Si noti che questo modo di procedere assegna la priorità maggiore ad A7 poi viene A6.

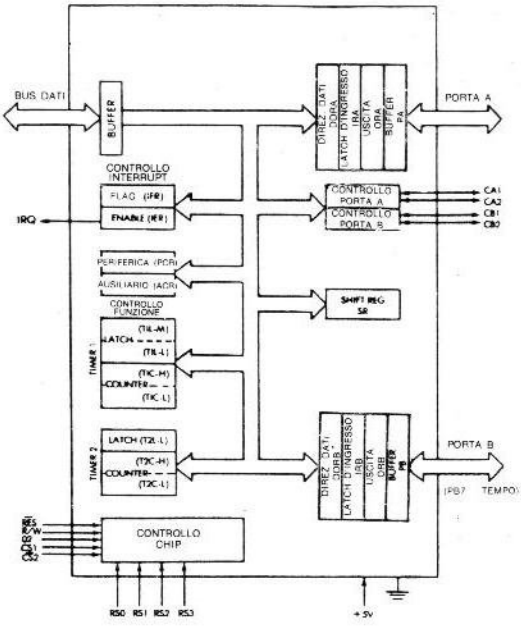


Figura 2-14: Architettura Interna del 6522

Il 6522

Il 6522, introdotto dalla MOS Technology, e prodotto a. che da Rockwell International e Synertek, è il successore del 6520.

Il chip 6522, chiamato VIA (Versatile Interface Adapter: Adattatore d'Interfaccia Versatile), è una combinazione PIO-timer-shifter. Internamente è costituito da 16 registri che sono mostrati in Figura 2-14. La corrispondente mappa di memoria è in Figura 2-15.

Possono essere distinti quattro gruppi di registri in base alla loro funzione:

1. I registri PIO (indirizzi da 0 a 3, più indirizzo F).
2. I registri timer (due timer, indirizzi da 4 a 9).
3. Il registro di shift (indirizzo A).
4. I registri di controllo (indirizzi da B a E).

Questi quattro gruppi saranno ora esaminati in dettaglio per spiegare le capacità del 6522.

La Sezione PIO

La sezione PIO fornisce due porte bidirezionali ad 8 bit. Ogni porta è costituita da un registro d'ingresso/uscita. Sono chiamati rispettivamente ORA e ORB per la porta A e la porta B. Sono mostrati in Figura 2-14. Ognuno di essi è associato ad un registro di direzione, rispettivamente DDRA e DDRB. Quando il corrispondente bit nel dato del registro di direzione è uguale ad "1" la linea collegata all'OR sarà un'*uscita*. Quando il bit di direzione dati è "0" la linea corrispondente sarà un *ingresso*. La polarità è stata scelta in modo che tutte le linee siano ingressi quando viene applicato un "reset".

In questo PIO esiste un'asimmetria: la porta A è costituita da due registri OR, con e senza la possibilità di handshake.

00	ORB (PB0 FINO A PB7)	dati I O. porta A	
01	ORA (PA0 FINO A PA7)	usato per controllo-influenze handshake	
02	DDR B	registri direzione dati	
03	DDR A		
04	T1L-L/T1C-L	contatore basso	timer 1
05	T1C-H	contatore alto	
06	T1L-L	latch basso	
07	T1L-H	latch alto	
08	T2L-L/T2C-L	latch basso contatore basso	timer 2
09	T2C-H	contatore alto	
0A	SR	shift register	
0B	ACR	ausiliario	controllo di funzione
0C	PCR (CA1,CA2,CB2,CB1)	periferica	
0D	IFR	flag	controllo interrupt
0E	IER	enable	
0F	ORA	Registro d'uscita A (non influenza handshake)	

Figura 2-15: Mappa di Memoria del VIA 6522

RS3	RS2	RS1	RS0				
0	0	0	0	00	ORB	+ handshake	I/O PARALLELO
0	0	0	1	01	ORA		
0	0	1	0	02	DDRB		
0	0	1	1	03	DDRA		
0	1	0	0	04	T1L-L(W)/T1C-L(R)	azzera Flag Int T1 (R)	TIMER T1
0	1	0	1	05	T1C-H(R)/T1L-H + T1C-H(W)	T1C-L, T1L-L + azzera Flag Int T1 (R)	
0	1	1	0	06	T1L-L		
0	1	1	1	07	T1L-H	azzera Flag Int T1 (W)	
1	0	0	0	08	T2L-L(W)/T2C-L(R)	azzera Flag Int T2 (W)	TIMER T2
1	0	0	1	09	T2C-H	T2C-L, T2L-L azzera Flag Int T2 (W)	
1	0	1	0	0A	SR		SHIFT
1	0	1	1	0B	ACR		CONTROLLO
1	1	0	0	0C	PCR		
1	1	0	1	0D	IFR		
1	1	1	0	0E	IER		
1	1	1	1	0F	ORA	no handshake	I/O PARALLELO

Figura 2-16: Registri del 6522

Impiego del PIO

Prima di usare il PIO, bisogna caricare un opportuno valore nei registri di direzione dati, per

dare la configurazione corrispondente di ingresso o uscita ai bit dell'I/O. Come esempio, abbiamo scelto la porta A come uscita e la porta B come ingresso.

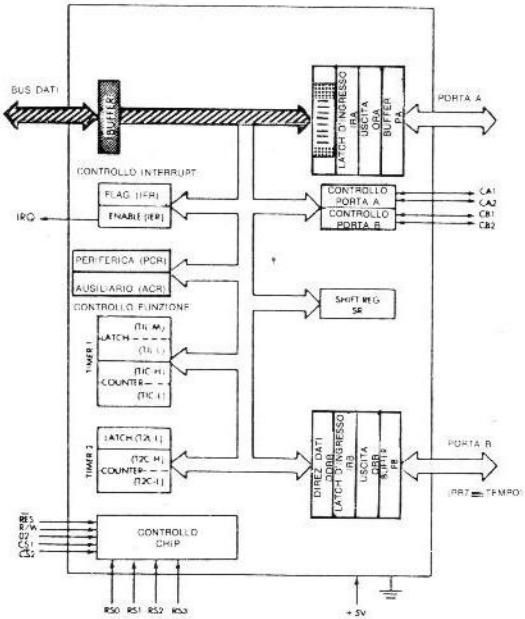


Figura 2-17: Impiego del 6522: STA DDRA

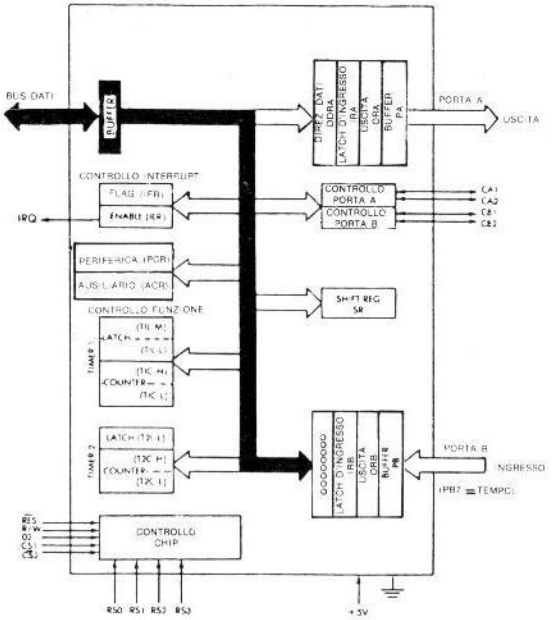


Figura 2-18: Impiego del 6522: STA DDRB

```
LDA     #$FF     "11111111" = USCITA
STA     DDRA
LDA     #0
STA     DDRB     B è un INGRESSO
```

(vedi Figura 2-17 e 2-18)

Ora portiamo fuori il valore "00000001" sulla porta A (vedi Figura 2-19):

```
LDA     #$01     "00000001"
STA     ORA
```

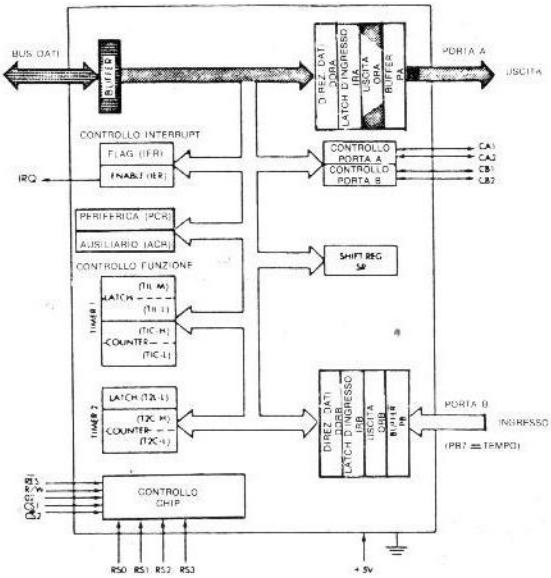


Figura 2-19: Impiego del 6522: STA ORA

Infine leggiamo il valore della porta B portandolo in accumulatore (vedi Figura 2-20).

```
LDA     ORB
```

Quando si usano i registri OR, è necessario, di solito, controllare un segnale di *stato* per esser certi che il dispositivo con cui si sta parlando sia *pronto* ad ascoltare o a trasmettere. Questo è detto *handshaking*. Le operazioni dei segnali di controllo, richiesti per eseguire quanto detto, sono spiegate di seguito.

I Due Segnali di Controllo (Registro di Controllo della Periferica)

Ogni porta è fornita di due linee di controllo, chiamate CA1, CA2 e CB1, CB2 (vedi Figura 2-14, la parte destra). Per esempio, prima di spedire dati ad una stampante, ad esempio una te-

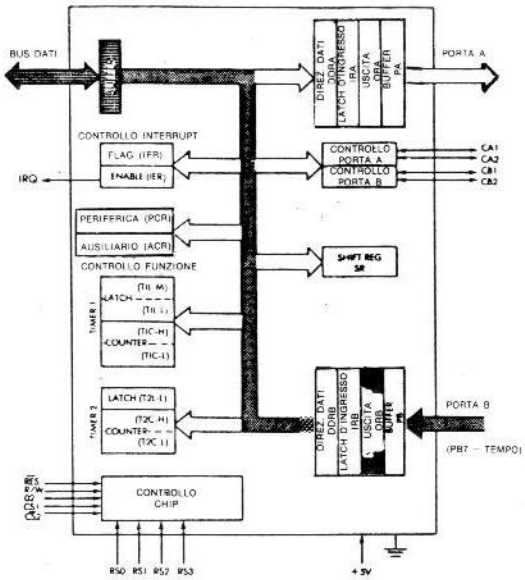


Figura 2-20: Impiego del 6522: LDA ORB

letype, il microprocessore deve accertarsi che questa non sia occupata e sia pronta ad accettare il carattere successivo. Questo lo si farà tramite una procedura di *handshaking*.

Quando la stampante non è più *occupata*, è *pronta* per ricevere il carattere successivo e manderà un impulso o una transizione di livello al 6522. Questa transizione di livello, o impulso, deve essere rilevata, conservata dal dispositivo e controllata poi dal programma. Il segnale sarà trasmesso su uno dei due ingressi di controllo, CA1 o CB1.

Il 6522 permette una grande flessibilità nel chiarire la natura dei segnali in ingresso o uscita.

Si può decidere se porre ad 1 il flag di interrupt interno deve essere una transizione *alto-a-basso* (o "negativa"), (fronte di discesa), o una transizione *basso-a-alto* (o "positiva") (fronte di salita). Questo è specificato dal bit 0 (per CA1) e il bit 4 (per CB1) del *registro di controllo della periferica* (PCR). "0" corrisponde alla transizione alto-a-basso, "1" corrisponde alla transizione basso-a-alto (vedi Figura 2-21).

Una volta chiarita la natura del segnale diventa possibile valutarlo.

Valutazione dello stato: è possibile rilevare se è avvenuta una transizione controllando il

7	6	5	4	3	2	1	0
CB2 controllo			CB1 controllo	CA2 controllo			CA1 controllo

Figura 2-21: Registro di Controllo di Periferica

7	6	5	4	3	2	1	0
IRQ(R) EN(W)	T1	T2	CB1	CB2	SR	CA1	CA2

Figura 2-22: Registro Abilitazione Flag Interrupt (IFR/IER)

CR BIT		TRANSIZIONE ATTIVA DEL SEGNALE D'INGRESSO	USCITA IRQ
0	0	negativo	disabilita (alto)
0	1	negativo	abilita (va basso quando il bit 7 di CRA è alzato da una transizione di CA1 CB1)
1	0	positivo	disabilita (alto)
1	1	positivo	abilita (come sopra)

Figura 2-23: Funzione Linee di Controllo (ACR)

contenuto dei bit 1 o 4 (rispettivamente per CA1 e CB1) del *registro interrupt-flag* (IFR) (vedi Figura 2-22). Questo bit sarà "0" se non è stato ricevuto alcun segnale, e diventerà "1" una volta rilevata la transizione appropriata. Dopo la lettura dello stato "1", deve essere possibile eseguire il *reset* del bit, in modo che si possa procedere al rilevamento dell'evento successivo. Questo sarà eseguito scrivendo un "1" nella posizione opportuna del registro, oppure anche leggendo, o scrivendo, il corrispondente registro d'ingresso - uscita.

PCR3	PCR2	PCR1	Modo
0	0	0	Modo Fronte Negativo Interrupt CA2 (azzera IFRO ORA) – Una transizione negativa del segnale d'ingresso, pone ad 1 il flag di interrupt CA2 (IFRO). IFRO si azzera sulla lettura o scrittura del Registro d'Uscita della Periferica A, o scrivendo il valore logico 1 nel IFRO.
0	0	0	Modo Fronte Negativo Interrupt CA2 (azzera IFRO) – Si posiziona IFRO, su una transizione del segnale d'ingresso CA2. La lettura o scrittura del ORA, non azzera il flag di interrupt CA2. IFRO si azzera scrivendo il valore logico 1 nel IFRO.
0	1	0	Modo Fronte Positivo Interrupt CA2 (azzera IFRO ORA) – Pone ad 1 il flag di interrupt CA2 su una transizione positiva del segnale d'ingresso CA2. Azzera IFRO con la lettura o scrittura del Registro d'Uscita della Periferica A.
0	1	1	Modo Fronte Positivo Interrupt CA2 (azzera IFRO) – Posiziona IFRO su una transizione positiva del segnale d'ingresso di CA2. Lettura o scrittura del ORA, non azzerano il flag di interrupt di CA2. IFRO si azzera scrivendo il valore logico 1 nel IFRO.
1	0	0	Modo d'Uscita Handshake CA2 – L'uscita CA2 va bassa, su una lettura o scrittura del Registro d'Uscita della Periferica A. CA2 ritorna alto, con una transizione attiva su CA1.
1	0	1	Modo d'Uscita Impulso CA2 – CA2 va basso per un ciclo, in seguito alla lettura o scrittura del Registro d'Uscita della Periferica A.
1	1	0	Modo Uscita Bassa CA2 – In questo modo l'uscita CA2 è mantenuta bassa.
1	1	1	Modo Uscita Alta CA2 – In questo modo l'uscita CA2 è mantenuta bassa.

Figura 2-24: Operazioni Dettagliate del PCR (concessione Rockwell)

PCR7	PCR6	PCR5	Modo
0	0	0	Modo Fronte Negativo Interrupt CA2 (azzera IF3/ORB) – Pone ad 1 il flag di interrupt di CB2 (IFR3), su una transizione negativa, del segnale di ingresso di CB2. Azzera IFR3, su una lettura o scrittura del Registro d'Uscita Periferico B, o scrivendo il valore logico 1 nel IFR3.
0	0	1	Modo Fronte Negativo Interrupt CB2 (azzera IFR3) – Posiziona IFR3, su una transizione negativa del segnale d'ingresso di CB2. La lettura o scrittura del ORB, non azzera il flag di interrupt. IFR3 si azzera scrivendo il valore logico 1 in IFR3.
0	1	0	Modo Fronte Positivo Interrupt CB2 (azzera IFR3/ORB) – Posiziona il segnale d'ingresso di CB2. Azzera il flag di interrupt di CB2, su una lettura o scrittura del ORB, oppure scrivendo il valore logico 1 in IFR3.
0	1	1	Modo Fronte Positivo Interrupt CB2 (azzera IFR3) – Posiziona IFR3, su una transizione positiva del segnale d'ingresso di CB2. Una lettura o scrittura del ORB non azzera il flag di interrupt di CB2. IFR3 si azzera scrivendo il valore logico 1 in IFR3.
1	0	0	Modo d'Uscita Handshake CB2 – Abbassa CB2 su una operazione di scrittura del ORB. Riporta CB2 alto con una transizione attiva del segnale d'ingresso di CB1.
1	0	1	Modo d'Uscita Impulso CB2 – Mantiene CB2 basso per un ciclo in seguito a un'operazione di scrittura del ORB.
1	1	0	Modo Uscita Bassa Manuale CB2 – In questo modo l'uscita CB2 è mantenuta bassa.
1	1	1	Modo Uscita Alta Manuale CB2 – In questo modo l'uscita CB2 è mantenuta alta.

Figura 2-25: Operazioni Dettagliate del PCR

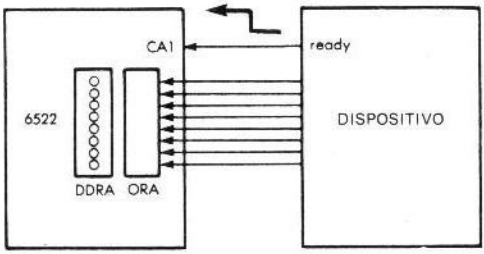


Figura 2-26: Lettura Dati Quando c'è il Ready

Un Semplice Esempio di Ingresso

Consideriamo una transizione basso-a-alto del segnale di "ready" dalla periferica e una configurazione di ingresso sulla porta A (vedi Figura 2-26). Quando i dati sono pronti vengono letti nell'accumulatore. Il programma è il seguente:

```
        LDA     #0
        STA     DDRA        PONI GLI INGRESSI
        LDA     #1
        STA     PCR         INTERRUPT CA1 DA BASSO-A-ALTO
WAIT    LDA     IFR         LEGGI I FLAG DI INT
        AND     #$02        00000010 MASCHERA IL BIT PER CA1
        BEQ     WAIT        PRONTO?
        LDA     ORA         LEGGI I DATI IN INGRESSO
```

Miglioramento: Si possono modificare le due istruzioni "LDA IFR AND#$02" per migliorare l'efficienza?

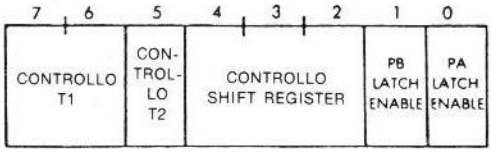


Figura 2-27: Registro Controllo Ausiliario – 6522

Latching d'Ingresso/Uscita

L'ingresso e l'uscita del 6522, non sono simmetrici. Le uscite sono sempre *latched*. Ciò avviene per mezzo del registro d'ingresso/uscita chiamato OR (registro *d'uscita*). *Gli ingressi non sono necessariamente latched.* Questo è specificato tramite i bit "0" e "1" (rispettivamente porta A e porta B) del registro ausiliario di controllo (ACR). Quando questi bit valgono "0", non si ha alcun latching sull'ingresso. Quando questi bit valgono "1", gli ingressi sono latching (vedi Figura 2-27). Quando l'ingresso non è latched significa che il programma sta leggendo il valore delle linee d'ingresso collegate alla porta che è letta attualmente. Quando gli ingressi sono latched il latch è abilitato dalla transizione attiva di CA1 o CB1, a seconda della porta usata. Il valore è poi conservato nel registro latch fino a che non si è ricevuto l'impulso successivo sulla linea di controllo. *Attenzione:* in *uscita* il programma legge i comandi di latch, che possono essere o no uguali al contenuto dell'OR.

Invio di un Segnale di Controllo in Uscita

CA2 o CB2 sono usati per fornire uno strobe di controllo (vedi Figura 2-14). Dal momento che queste linee sono bidirezionali, possono assumere la configurazione di uscite ponendo ad "1" rispettivamente il bit 3 o 7 del registro di controllo periferico (per A2 o B2) (vedi Figura 2-24).

La natura del segnale può essere specificata dall'uno o dall'altro dei due livelli oppure da un impulso. Il valore "0" rispettivamente nei bit 2 o 6 (per A o B), corrisponde ad un *impulso*. Il valore "1" corrisponde ad un *livello*. Quando si è deciso un livello è possibile scegliere un valore positivo o uno negativo. Questo è ottenuto ponendo ad "1" o a "0" rispettivamente i bit 1 e 5 (per A2 e B2) (vedi Figura 2-24).

Infine, quando si genera un impulso, la sua durata può essere controllata con i bit 1 e 5 (rispettivamente per A2 e B2) del registro di controllo.

Quando il bit è posto uguale a "0", si genera un singolo ciclo di strobe. Quando questo bit è posto uguale a "1", sarà generato un impulso d'uscita, che rimarrà basso dall'istante in cui si accede al registro OR (lettura o scrittura), fino alla successiva transizione del segnale su CA1 o CB1.

Sommario dell'Uscita di Controllo

Praticamente può essere considerato un impulso di qualunque durata e polarità. Esso può essere usato per osservare un dispositivo esterno (per interrogarlo), per acconsentire ad un trasferimento di dati ad un altro dispositivo collegato alla stessa linea, o per controllare lo stato del dispositivo (on, off o altre possibilità).

Un sommario dei bit del registro di controllo periferico è mostrato in Figura 2-21, e i dettagli sono mostrati in Figura 2-24 e 2-25.

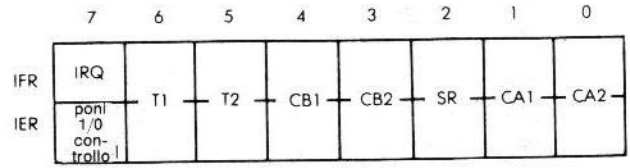


Figura 2-28: Registri di Interrupt

Interrupt

Gli interrupt sono controllati da due registri, il registro di abilitazione dell'interrupt (IER), e il registro flag di interrupt (IFR). I registri sono mostrati in Figura 2-28. Essi condividono lo stesso indirizzo di memoria. Uno è un registro d'ingresso e l'altro è un registro d'uscita.

Il registro del flag di interrupt è un registro d'ingresso. Ogni bit da 0 a 7 sarà posto ad 1 quando è rilevato un interrupt su ognuna delle linee esterne (CA1, CA2, CB1, CB2), sul registro di shift (SR), su ognuno dei due timer (T1 e T2). Il bit 7 è alzato quando tutti gli altri bit del registro sono alti.

Il registro di abilitazione dell'interrupt (IER), abiliterà e disabiliterà tutti gli interrupt. Ogni bit di IER corrisponde a un bit di IFR (vedi Figura 2-28). Quando un bit ha il valore "0", il corrispondente interrupt è *disabilitato* e non sarà inviato. Quando un bit è al valore "1", l'interrupt è *abilitato* e se si presenta viene memorizzato. Diviene quindi possibile, per il programma, leggere il contenuto del registro IFR e controllare ogni bit per determinare se si è presentato un interrupt. Per posizionare convenientemente ogni bit di IER, è usato il bit 7 di IER congiuntamente a un segnale di lettura o scrittura ed il contenuto del bus dei dati è quindi copiato nel registro IER. Se il bit 7 di IER è "0", ogni "1" cancellerà un flag di abilitazione. Se il bit 7 è "1", ogni "1" scritto in IER alzerà un'abilitazione.

ESEMPIO: *Abilitiamo gli interrupt CA1 e CA2 e disabilitiamo tutti gli altri (vedi Figura 2-28):*

```
LDA     #$7C     «01111100» = CANCELLA I BIT DA 2 A 6
STA     IER
LDA     #$83     "10000011" = ABILITA I BIT 0 E 1
STA     IER
```

ESERCIZIO 2-1: *Scrivere un programma che abiliti l'interrupt CA1 e disabiliti gli altri.*

ESERCIZIO 2-2: *Disabilita CB1 e CB2 lasciando gli altri invariati.*

Identificazione dell'Interrupt

Quando possono avvenire più interrupt contemporaneamente, cioè quando sono usati parecchi bit di IFR, il programma dovrà controllare il contenuto di IFR e determinare quale interrupt è avvenuto. L'ordine in cui controlla questi bit determinerà la priorità dell'interrupt corrispondente. Per esempio, se l'interrupt da T1 ha la priorità più alta, questo è il bit che dovrà essere controllato per primo. Il modo più semplice per controllare il contenuto di IFR, è di farlo scorrere a destra o a sinistra di un bit e controllare il valore del bit che esce (nel Carry) facendo un test sul carry. Questa tecnica assegna priorità, in un modo da destra-a-sinistra o da sinistra-a-destra, ai segnali di Figura 2-28.

ESERCIZIO 2-3: *Consideriamo la Figura 2-28. Elencate i dispositivi in ordine di priorità effettiva, considerando che il contenuto di IFR è fatto scorrere a sinistra dal programma di controllo.*

Naturalmente è anche possibile fare il controllo per combinazioni di interrupt, controllando i

valori di particolari bit del registro IFR. Per maggiori dettagli sugli interrupt e polling, consultare il Capitolo 3 di "Programmazione del 6502".

I Timer

Il 6522 è munito di due *timer interni*. Questi due timer possono essere usati come ingresso od uscite.

Usato in *uscita* un timer può generare un segnale o un treno di impulsi.

Il timer usato in *ingresso*, può misurare la durata di un impulso oppure contare il numero di impulsi ricevuti. Quando genera o misura la durata di un impulso, si dice che il timer funziona in modo "*one-shot*". Sia il timer 1 che il timer 2 possono essere usati in questo modo.

Quando il timer è usato per generare o contare un treno continuo di impulsi si dice che funziona in "*free-running mode*". Solo il timer 1 può essere usato in questo modo.

Prima di usare il timer in uscita, bisogna caricare il registro del contatore con un valore: per la generazione di impulsi il contatore dovrà contenere il numero di impulsi di clock da generare, oppure la durata dell'impulso usando il timer in ingresso, il suo registro dever essere azzerato. Quando conta impulsi esso conterrà il numero di impulsi contati fino a quell'istante. Quando si usa per rilevare un impulso esso conterrà la sua durata.

Confronto fra il Timer 1 e il Timer 2

Il timer 2 può essere usato in ingresso per contare gli impulsi applicati a PB6 di IORB (vedi Figura 2-14). Quando invece è usato in uscita esso può generare solamente un impulso di durata stabilita su PB6, non può generare un treno di impulsi. L'uno o l'altro di questi due tipi di funzionamento è selezionato con il bit 7 del registro di controllo ausiliario (ACR) (vedi Figura 2-27). Il valore "0" corrisponde al modo one-shot e "1" al modo pulse-counting.

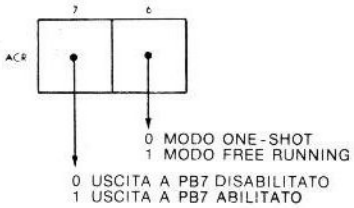


Figura 2-29: 6522: Controllo dei Modi di T1 con il Registro Controllo Ausiliario

Il timer 1 è diverso dal timer 2 e offre maggiori possibilità. Esso ha quattro modi di funzionamento che sono illustrati in Figura 2-29. Può funzionare nel modo one-shot o nel modo free-running. Inoltre può abilitare o disabilitare un'uscita su PB7. Il modo di funzionamento è selezionato con il bit 6 del registro di controllo ausiliario. Tale bit è al valore "0" per il modo one-shot e a "1" per il modo free-running.

Il bit 7 dice se PB7 è abilitato oppure no: con il valore "0" PB7 non è abilitato, con "1" è abilitato (vedi Figura 2-30).

Caricamento dei Contatori

Ogni timer impiega un contatore a 16 bit. La parte inferiore di tale contatore, deve essere caricata prima di quella superiore. Caricando la parte superiore del contatore, si azzera automaticamente il flag di interrupt e il timer comincia a funzionare. Il timer 1 è fornito anche di un vero latch a 16 bit, mentre il timer 2 ne è sprovvisto. Ciò consente al timer 1 di funzionare continuamente nel modo "free-running"; il latch è trasferito automaticamente al contatore quando

ACR7 ABILITAZIONE USCITA	ACR 6 ABILITAZIONE FREE RUN	MODO
0	0 (ONE-SHOT)	Genera INT di time out quando è caricato T1 PB7 disabilitato.
0	1 (FREE RUN)	Genera INT continui PB7 disabilitato.
1	0 (ONE-SHOT)	Genera INT e impulso d'uscita su PB7 ogni volta che è caricato T1. = one-shot e larghezza d'impulso programmabile.
1	1 (FREE RUN)	Genera INT continui e uscita ad onda quadra su PB7.

Figura 2-30: 6522 – Selezione Modi Operativi del Timer 1 con il Registro Controllo Ausiliario

questo raggiunge zero. Nel timer 1 i valori dei latch possono essere letti o scritti senza influenzare i contatori. Tale fatto è sfruttato per generare forme d'onda della complessità voluta. I particolari sull'indirizzamento del timer sono illustrati in Figura 2-31.

	INDIRIZZO	SCRITTURA	LETTURA
TIMER 1	- - 04	T1L-L	T1C-L/ ↓ azzera flag int di T1
	- - 05	T1L-H + T1C-H + T1 L-L ►T1C-L ↓ azzera flag int di T1	T1C-H
	- - 06	T1L-L	T1L-L
	- - 07	T1L-H ↓ azzera flag int di T1	T1L-H
TIMER 2	- - 08	T2L-L	T2C-C ↓ azzera flag int di T2
	- - 09	T2C-H T2L-L ►T2CL ↓ azzera flag int di T2	T2C-H

Figura 2-31: Indirizzamento del Timer

Durata Reale

Consideriamo per il timer 1, la forma d'onda mostrata in Figura 2-32. Si noti che la durata reale è data dal valore del conteggio ("N") più 2 o più 1,5. Per ottenere quindi una maggiore precisione nella temporizzazione, l'utilizzatore dovrà caricare nel registro del contatore il numero desiderato di periodi meno 2.

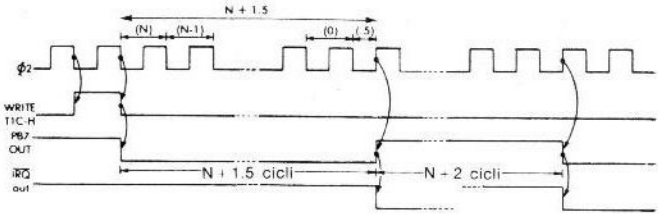


Figura 2-32: Timer 1 in Modo Free Running

Il Registro di Shift

Tale registro serve per la conversione seriale-parallelo e parallelo-seriale. La velocità di shift può essere controllata da tre temporizzazioni diverse: il timer 2, la fase 2 del clock (∅2) e un clock esternó. Quando la temporizzazione è presa dall'esterno, ciò è segnalato con i bit 2 e 3 del registro di controllo ausiliario (vedi Figura 2-27). Il bit 4 di tale registro specifica l'ingresso o l'uscita. La tabella completa che illustra la funzione di questi bit è riportata in Figura 2-33.

ACR4	ACR3	ACR2	Modo
0	0	0	Registro shift disabilitato.
0	0	1	Shift sotto il controllo del Timer 2.
0	1	0	Shift sotto il controllo degli impulsi di ∅2.
0	1	1	Shift sotto il controllo degli impulsi di un clock esterno.
1	0	0	Uscita free-running alla frequenza determinata dal Timer 2.
1	0	1	Shift out sotto il controllo del Timer 2.
1	1	0	Shift out sotto il controllo degli impulsi di ∅2.
1	1	1	Shift out sotto il controllo degli impulsi del clock esterno.

Figura 2-33: Controllo del Registro di Shift

In uscita l'utilizzatore caricherà il registro di shift. Ciò farà iniziare automaticamente la temporizzazione e il processo di shift. Quando 8 bit sono stati trasportati fuori dal registro, si posizionerà automaticamente i flag di interrupt (bit 2 del registro del flag di interrupt). Questo può essere così rilevato dal programma.

In ingresso, per ottenere l'inizio del processo di temporizzazione, il registro di shift deve essere inizializzato con qualche valore, ad esempio "0". In seguito a ciò il processo di caricamento dei bit inizierà e procederà alla frequenza fissata dalla temporizzazione, ad esempio da timer 2, la fase 2 del clock oppure un clock esterno, a seconda di ciò che è stato impostato sui bit 2, 3, 4 dell'ACR. Quando si sono accumulati 8 bit sarà posizionato il corrispondente flag di interrupt di IFR. Il programma metterà un valore, ad esempio "0", nell'SR, poi sonderà continuamente il livello del bit 2 di IFR. Quando si rileva un interrupt lo shift è completo. Il registro di shift sarà quindi disabilitato azzerando i bit 2, 3, 4 di ACR, mentre il programma memorizza i dati. Naturalmente se i dati entrano in continuazione, il registro di shift non sarà disabilitato e il programma "tornerà indietro" abbastanza velocemente per non perdere i dati.

PROGRAMMAZIONE DEL 6522

Il 6522 è una combinazione di PIO, timer e shifter. Le operazioni di base sul PIO si eseguono

come sul 6520, ad eccezione del fatto che i registri possono essere selezionati direttamente e che non necessita posizionare il bit 2 del registro di controllo per diversificarli. Ad ogni modo le possibilità di controllo del 6522 sono vaste e abbastanza diverse da quelle del 6520. Esaminiamo innanzi tutto quindi, alcuni esempi base di ingresso-uscita, poi alcuni esempi di opzioni di controllo.

Operazioni di Base per l'Ingresso

La predisposizione ad ingresso la si ottiene caricando tutti zeri nel registro di direzione dati della porta che deve funzionare come ingresso, poi leggendo il contenuto dell'OR. Nel seguente semplice programma, si memorizzano inoltre, i dati appena letti, nella locazione 20 di memoria. Il programma è il seguente:

```
INPUT    LDA    #0
         STA    DDRA     LA PORTA A È L'INGRESSO
         LDA    ORA      LEGGI I DATI (SE PRESENTI)
         STA    $20      METTI I DATI IN MEMORIA
```

RS3	RS2	RS1	RS0	R/W	REGISTRO	COMMENTO
0	0	0	0	W	ORB	
0	0	0	0	R	IRB	
0	0	0	1	W	ORA	controlla handshake
0	0	0	1	R	IRA	
0	0	1	0	-	DDRB	
0	0	1	1	-	DDRA	
8	1	8	8	W	T1L-L	latch
0	1	0	1	R	T1C-L	contatore
0	1	0	1		T1C-H	T1L-L in T1C-L
0	1	1	0		T1L-L	
0	1	1	1		T1L-H	
1	0	0	0	W	T2L-L	latch
1	0	0	0	R	T2C-L	contatore
1	0	0	1		T2C-H	trigger T2L-L in T2C-L
1	0	1	0		SR	
1	0	1	1		ACR	
1	1	0	0		PCR	
1	1	0	1		IFR	
1	1	1	0		IER	
1	1	1	1		ORA	su handshake nessun effetto

Figura 2-34: La Selezione Registro nel 6522 è Diretta

Operazioni di Base per l'Uscita

La predispozione ad uscita si ottiene esattamente come per l'ingresso; il registro di direzione dati è caricato con tutti uni, specificando così tutte uscite. Supponiamo che i dati da inviare alla porta B siano nella locazione 20 di memoria, in modo che debbano essere prima caricati nell'accumulatore poi trasferiti all'ORB. È necessaria quindi un'istruzione extra per trasferire prima i dati nell'accumulatore, poi dall'accumulatore all'ORB. Il programma è il seguente:

```
OUTPUT   LDA    #$FF
         STA    DDRB     B = USCITA
         LDA    $20      PRENDI I DATI DALLA MEMORIA
         STA    ORB      MANDALI IN USCITA
```

Uso delle Opzioni di Controllo

Si vuole qui, far assumere alla porta A la configurazione di tutti ingressi. Si supporrà che la periferica o il dispositivo collegato alla porta A invii lo strobe di "dati pronti" sulla linea CA1. Lo strobe sarà attivo durante la sua transizione basso-alto. Il 6522 rileverà questa transizione di strobe "dati pronti" ed il programma controllerà il 6522 per vedere se sono stati ricevuti dei dati. Se sono stati ricevuti li leggerà e li memorizzerà nella locazione 20 di memoria. Il programma è già stato sviluppato (vedi "Operazioni di Base per l'Ingresso" pagina 28), ed è riportato di seguito:

```
READYIN   LDA   #0      A = INGRESSO
          STA   DDRA
          LDA   #1      CA1 INT LO AD HI
          STA   PCR
TEST      LDA   IFR     TEST DEL BIT 1
          AND   #$2     00000010 BINARIO
          BEQ   TEST    UGUALE A 1?
          LDA   ORA     LEGGI I DATI
          STA   $20     METTILI IN MEMORIA
```

Di solito per predisporre ORA come tutti ingressi, si caricano tutti zero nel registro di direzione dati:

```
          LDA   #0
          STA   DDRA
```

Deve ora essere condizionato il registro di controllo PCR, in modo che si generi interrupt quando avviene una transizione basso-alto:

```
          LDA   #1
          STA   PCR
```

Le due istruzioni sopra riportate caricano il valore binario 00000001 nel PCR. Facendo riferimento alla Figura 2-23, il lettore può verificare che questo è davvero il valore corretto. Il bit zero del registro di controllo periferico PCR, indica che bisogna rilevare una transizione attiva del segnale d'ingresso. Dal momento che noi vogliamo che il flag di interrupt di CA1 sia posizionato per una transizione positiva (basso-alto), bisogna mettere ad 1 il PCR0.

I bit 6 e 7 del ACR sono relativi al modo di funzionamento del timer 1. Poichè non stiamo usando il timer, il loro contenuto qui, non ha alcuna importanza. I bit 2, 3 e 4 del ACR indicano le operazioni del registro di shift. Dal momento che qui il registro di shift non è usato, sarà zero, come indicato in Figura 2-33. Il bit 5 del ACR è il controllo di T2 quindi, in questo caso non è usato. Il bit 1 è l'abilitazione del latch PB, anch'esso non è usato in questo caso. Il bit zero è l'abilitazione del latch della porta A. Quando, indicati (scrivendo un "1") i dati presenti sull'ingresso A subiranno un latch, quando il flag di interrupt di CA1 è uguale ad "1". Ciò sarà eseguito con:

```
          LDA   #1
          STA   ACR
```

Poichè noi qui supponiamo sia usato un polling invece di un interrupt hardware, sarà responsabile il programma della lettura del contenuto del flag di interrupt e del controllo della presenza di interrupt. Il contenuto del registro del flag di interrupt è mostrato in Figura 2-28. Il bit di posizione 1 del IFR, deve essere controllato per sapere se è stato ricevuto il segnale CA1 di "dati pronti". Questo lo si ottiene con le seguenti tre istruzioni:

```
TEST      LDA   IFR
          AND   #$2
          BEQ   TEST
```

L'istruzione AND elimina tutti i bit tranne il bit di posizione 1, di modo che, esso può essere controllato.

Finchè il bit 1 è zero questo programma rimarrà nel ciclo di polling. Non appena si rileva il segnale di "dati pronti" questi possono essere letti dal ORA e trasferiti nella loro locazione di memoria finale, che supponiamo essere, come al solito, la locazione 20 di memoria:

```
LDA     ORA
STA     $20
```

Trasferendo il contenuto del ORA nell'accumulatore, si cancellerà automaticamente il bit 1 di IFR (indicatore di stato di CA1), di modo che l'interrupt sarà automaticamente azzerato.

È importante ricordare che *i flag di interrupt devono essere cancellati ogni volta che vengono usati.* Il 6522 è organizzato in modo che le operazioni "normali", come la lettura del contenuto di ORA dopo il rilevamento di un interrupt, faranno quanto sopra automaticamente. Ad ogni modo avvisiamo il lettore del fatto che se egli userà "programmazione non standard", potrà commettere l'errore di lasciare continuamente ad "1" i flag di interrupt. Una tecnica che può essere usata in questo caso è riscrivere il contenuto di IFR dopo averlo letto:

```
STA     IFR
```

Questo "trucco nella programmazione" azzererà solamente il bit che è appena stato posto al valore "1", senza modificare gli altri (a meno che un bit fosse "1").

Un Protocollo di Handshake sull'Ingresso

Supporremo che venga usata la sequenza completa di handshake: innanzi tutto il programma è responsabile dell'invio di un impulso di "start" (attivo alto) al dispositivo. Più tardi il dispositivo risponderà con uno strobe di "dati pronti" (qui attivo da alto-basso) e il programma sarà responsabile del controllo dell'avvenuta ricezione del segnale, poi trasferirà il dato nella locazione 20 di memoria. Il programma è il seguente:

```
NSHAKE  LDA     #0
        STA     DDRA    A È UN INGRESSO
        STA     ACR
        LDA     #$0C    BIT 2 E 3 ALTI
        STA     PCR     AZZERA L'IMPULSO DI START
        LDA     #$0E    BIT 1, 2, 3 ALTI
        STA     PCR     GENERA START SU CA2
        LDA     #$0C
        STA     PCR     AZZERALO
WAIT    LDA     IFR     INTERRUPT?
        AND     #$02    (IMPULSO DI START?)
        BEQ     WAIT    CICLO DI POLLING
        LDA     ORA     DATI PRONTI
        STA     $20     METTILI IN MEMORIA
```

Esaminiamo il programma. Come al solito la porta A è programmata come ingresso memorizzando zeri nel DDRA:

```
LDA     #0
STA     DDRA    ZERO IN DDRA
STA     ACR
```

Supponiamo che non sia necessario latching in ingresso (vedere i precedenti programmi se si vuole latch in ingresso). Il registro PCR ora deve essere caricato in modo che sia generato un impulso di start attivo alto. Il livello di CA2 (la linea che useremo per fornire il segnale di

start CA1 può essere usata solo come ingresso) sarà prima messo basso, poi alto per garantire una transizione basso-alto. Per portare l'uscita CA2 al livello basso si carica il valore "110" rispettivamente nei bit 3, 2 e 1 del PCR (vedi Figura 2-24). Ciò si effettua con le seguenti istruzioni:

```
LDA     #$0C     00001100
STA     PCR
```

Successivamente il valore su CA2 deve essere posto ad "1". Ciò si ottiene caricando il valore "111" nei bit 3, 2, 1 del PCR:

```
LDA     #$0E     00001110
STA     PCR
```

Supporremo che sia sufficiente un breve impulso per fornire il segnale di "start". Alcuni dispositivi possono richiedere un impulso di durata maggiore. In tal caso occorrerà aggiungere un ritardo in questo punto, per garantire che l'impulso rimanga alto durante il periodo di tempo stabilito. Qui noi riporteremo semplicemente il segnale al livello basso:

```
LDA     #0C      00001100
STA     PCR
```

Ora si procede come nel programma precedente, con il polling del bit uno del IFR, per controllare se CA1 è stato posto ad uno:

```
WAIT    LDA     IFR
        AND     #$02     00000010
        BEQ     WAIT
```

In seguito, come sopra, il dato è letto da ORA e memorizzato nella locazione 20 di memoria:

```
LDA     ORA
STA     $20
```

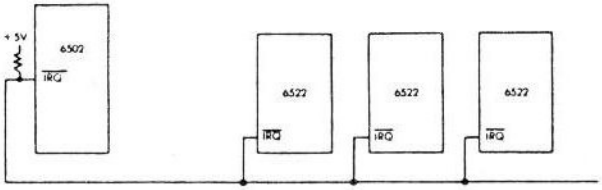


Figura 2-35: Collegamento Multiplo di 6522 – Generazione di un IRQ

Impiego Multiplo di 6522

Nel caso in cui si impieghino diversi 6522, la loro uscita IRQ per richiesta di interrupt è di solito, collegata alla linea di IRQ, come illustrato in Figura 2-35. In ogni caso, quando il 6502, riceverà un IRQ, il programma dovrà determinare quale 6522 lo ha generato. In genere è usato un ciclo di polling. In tale ciclo si interrogheranno a turno gli IFR di ciascun dispositivo per determinare quale abbia richiesto interrupt. Questa informazione è certamente disponibile sul bit

7 del registro dei flag di interrupt, come si può vedere in Figura 2-22. Il lettore ricorderà che il bit 7 è universalmente usato come posizione preferenziale per polling, in quanto il contenuto del registro sotto controllo è caricato nell'accumulatore e il valore del bit 7 condiziona il bit del segno del microprocessore nel registro dei flag (bit N). Con l'istruzione successiva, poi, il programma può facilmente controllare il bit N e vedere se era "0" o "1". Questo è esattamente ciò che il programma di polling fa qui. Un programma di polling tipico è riportato di seguito:

```
            LDA     IFR1
            BPL     NEXT1
INTFOUND1...                        (IDENTIFICAZIONE DI 1 DELLE 7 CAUSE)
  .
  .
  .
NEXT1       LDA     IFR2
            BPL     NEXT2
  .
  .
  .
```

Il programma carica il contenuto del IFR del primo 6522 e controlla se è positivo. In caso affermativo, non è stato generato interrupt dal dispositivo e il programma controlla il successivo e così via. Nel caso in cui si trovi il dispositivo che ha generato l'interrupt, una routine specifica deve poi determinare cosa fare. Esaminiamo tale routine.

Identificazione di uno dei 7 Possibili Interrupt Interni del 6522

Con riferimento alla Figura 2-22, si nota che sette possibili condizioni possono generare un interrupt nel registro IFR del 6522: T1, T2, CB1, CB2, SR, CA1, CA2. Se sono usate contemporaneamente tutte le risorse interne del 6522, come spesso succede, si dovranno poi valutare tutte le possibilità. Di seguito è riportato un programma che individua uno dei 7 interrupt:

```
ONEOF7      ASL     A
            BMI     TIMER 1
            ASL     A
            BMI     TIMER 2
            ASL     A
            ...
```

Il programma controlla in successione i bit 6, 5, 4, etc. con un semplice shift a sinistra, di un bit alla volta, del contenuto dell'accumulatore. Si noti che l'ordine in cui viene eseguito lo shift stabilisce una priorità degli interrupt all'interno del dispositivo. Impiegando il programma illustrato sopra, il timer 1 avrà la più alta priorità, poi viene il timer 2 etc. Si può volere assegnare una priorità diversa agli interrupt, controllando i bit in un ordine diverso.

Generazione di Ritardi con un timer

Il lettore potrà studiare i particolari dei timer nei data sheet dei costruttori, prima di usarli. Il timer 2 è più semplice del timer 1. I timer non sono uguali ed è importante capire le loro caratteristiche specifiche prima di usarli. Poiché uno studio completo dei modi di funzionamento del timer non è necessario per gli scopi di questo libro, mostreremo due esempi tipici di generazione di ritardi, usando rispettivamente il timer 2 e il timer 1. Altri esempi saranno illustrati nei capitoli delle applicazioni.

Generazione di un Ritardo One-Shot del Timer 2

Il programma è il seguente:

```
ONESHOT2  LDA   #0
          STA   ACR     SCELTA DEL MODO
          STA   T2LL    LOW – LATCH = 0
          LDA   #$01    DURATA DEL RITARDO
          STA   T2CH    PARTE ALTA = 01 ESADEC. START
          LDA   #$20    MASCHERA
LOOP      BIT   IFR     FINE TEMPO?
          BEQ   LOOP
          LDA   T2CL    AZZERA L'INTERRUPT DEL TIMER 2
```

I bit 6 e 7 di ACR devono essere posti al valore 0 per indicare il modo one-shot (PB7 non è usato con T2). Dal momento che supponiamo di non usare nessuna delle altre risorse, come ad esempio il registro di shift, carichiamo semplicemente tutti zeri nel registro ACR:

```
          LDA   #0
          STA   ACR
```

Il timer 2, come il timer 1, contiene un OR a 16 bit, cosicché le due parti del registro devono essere caricate separatamente. Caricheremo prima la parte più bassa poi quella più alta:

```
          STA   T2LL
          LDA   #$01
          STA   T2CH
```

Caricare il valore $01 nel T2C-H, significa anche azzerare il flag di interrupt e far partire automaticamente il contatore.

La Figura 2-28 mostra che il bit 5 del IFR indica il fine corsa del timer 2. Bisogna quindi controllare se il bit 5 del IFR è al valore "1". Questo si effettua con le seguenti tre istruzioni:

```
          LDA   #$20    BIT 5 = 1
LOOP      BIT   IFR
          BEQ   LOOP
```

Il valore 20 esadecimale, è uguale a "00100000". Tale valore lo si usa per controllare se il bit 5 è uguale a "1". L'istruzione BIT esegue un AND logico senza modificare il contenuto dell'accumulatore. Finché il bit 5 rimane a "0", il programma resta in loop in attesa dell'interrupt del timer 2. Quando il timer 2 genera interrupt, esso è rilevato, e il programma esce dal loop.

Infine il programma deve azzerare esplicitamente l'interrupt del timer 2 prima di svolgere qualsiasi altro compito. Questo può essere ottenuto caricando un nuovo valore nel registro del contatore. Ad ogni modo, dal momento che questo programma può essere usato in qualunque caso, non facciamo alcuna ipotesi su quello che sarà fatto in seguito. Il flag di interrupt sarà azzerato, sia scrivendo in T2C-H che leggendo in T2C-L. Dal momento che non si vuole far ripartire il contatore, non scriveremo in T2C-H, ma leggeremo invece T2C-L, per azzerare semplicemente l'interrupt:

```
          LDA   T2CL
```

Generazione di un Ritardo One-Shot del timer 1

Qui useremo il timer 1 in modo sostanzialmente analogo al timer 2 di cui sopra. Il timer 1, ad

ogni modo, a differenza del timer 2, è munito di un registro di latch a 16 bit. Il programma è il seguente:

```
ONESHOT1  LDA   #0
          STA   ACR      MODO 1-SHOT-NESSUN IMPULSO SU PB7

          STA   T1LL     LOW LATCH
          LDA   #$01     RITARDO
          STA   T1CH     CARICA ANCHE T1CL E PARTI

          LDA   #$20
LOOP      BIT   IFR      FINE TEMPO?
          BEQ   LOOP
          LDA   T1LL     AZZERA IL FLAG DI INTERRUPT
```

Il programma è sostanzialmente analogo al precedente e si spiega da solo. L'unica differenza è che prima si carica la parte bassa del latch, poi il programma scrive in T1C-H la parte alta del contatore opportuno. Questa istruzione consiste anche nel trasferimento del contenuto di T1L-L in T1C-L (vedi Figura 2-34 che mostra i registri interni del 6522) e nella partenza del contatore. Il resto del programma è uguale.

Generazione di un Impulso

I programmi precedenti generano un ritardo per un programma. Se si deve generare un impulso, bisogna allora indicare l'opportuno pin d'uscita. Per il timer 1 si impiegherà il pin PB7 per fornire l'impulso d'uscita; PB7 sarà un'uscita se DDRB7 o ACR7 sono uguali a "1".

Il timer 2 non invia direttamente un impulso su un pin *d'uscita*. L'impulso deve essere generato aggiungendo istruzioni che pongano ad "1" od a "0" esplicitamente uno dei bit della porta. Ad ogni modo il timer 2 può facilmente *contare* impulsi nel suo modo pulse-counting. Il pin PB6 è usato a questo scopo. Ciò sottolinea di nuovo le differenze pratiche fra questi timer. Il lettore è incoraggiato ad esaminare i data sheet del costruttore in ogni applicazione pratica, per trarne il massimo vantaggio.

Shifting in Ingresso e Uscita

Il registro di shift SR è collegato al pin CB2 del 6522. Tutti gli impulsi saranno generati o rilevati su questo specifico pin. La combinazione dei bit 2, 3, e 4 di ACR determina il modo di funzionamento dello shifter. Le otto combinazioni, sono illustrate nella precedente Figura 2-33.

Negli esempi fin qui fatti il contenuto dei bit 2, 3, e 4 di ACR è sempre stato zero, in modo che il registro shifter era disabilitato. Tale registro compirà shift in ingresso o in uscita sotto il controllo di una delle tre possibili sorgenti di temporizzazione: timer 2, fase 2 del clock oppure clock esterno. Inoltre, esso fornisce un altro modo speciale con un'uscita in free-running al ritmo determinato dal timer 2. Il lettore è nuovamente rimandato ai data sheet del costruttore per le specifiche complete dello shifter. Qui saranno presentati solamente due esempi tipici di shifting in ingresso e in uscita.

Shifting con un Clock Esterno

Il programma è il seguente:

```
SHIFTIN   LDA   #0
          STA   ACR      AZZERA SR
          LDA   #$0C     MODO CLOCK ESTERNO
          STA   ACR      START SHIFTER
LOOP      LDA   IFR      C'È FLAG?
          AND   #$04     TEST BIT 2
```

```
        BEQ     LOOP    LOOP D'ATTESA
        LDA     SR      METTI GLI 8 BIT NELL'ACC
        STA     $20     METTI IN MEMORIA
```

Il registro di shift è inizialmente azzerato caricando zero in ACR:

```
        LDA     #0
        STA     ACR
```

Quindi è specificato il modo di funzionamento corretto, caricando il valore "011" rispettivamente nei bit 4, 3, 2, di ACR:

```
        LDA     #$0C
        STA     ACR
```

Questo indica uno shift in ingresso sotto il controllo di un clock esterno (vedi Figura 2-33).

Una volta che lo shift è avvenuto, il meccanismo di shifting è automaticamente disabilitato, ed il flag di interrupt di SR è posizionato nel registro IFR. Dopo che lo shift ha avuto inizio, quindi, il programma controlla semplicemente il contenuto del bit di posizione 2 del IFR (vedi Figura 2-28) per verificare se è "1". Il ciclo di polling è il seguente:

```
LOOP    LDA     IFR
        AND     #$04
        BEQ     LOOP
```

A questo punto il contenuto del registro di shift SR deve semplicemente essere trasferito nella locazione 20 di memoria come al solito:

```
        LDA     SR
        STA     $20
```

Shifting in Uscita sotto il Controllo della Fase 2

Il programma è sostanzialmente simile a quello sopra, a meno dei bit di controllo, che devono essere caricati in ACR, per indicare adeguatamente il modo di funzionamento. Supponendo che si debba trasferire fuori semplicemente una parola di 8 bit, non è necessario un ciclo di attesa per determinare se lo shift è finito oppure no. Il programma è il seguente:

```
SHIFTOUT LDA    #0
         STA    ACR     AZZERA SR
         LDA    #$18
         STA    ACR     MODO D'USCITA ∅2
         LDA    $20     LEGGI IL DATO DALLA MEMORIA
         STA    SR
```

Come sopra, il registro di shift è prima azzerato, poi si carica ACR con il valore "18" esadecimale, che indica la combinazione "110" nelle posizioni dei bit 4, 3 e 2. Questo specifica che lo shift avviene in uscita a un ritmo controllato dalla fase 2 del clock di sistema:

```
        LDA     #0
        STA     ACR
        LDA     #$18
        STA     ACR
```

I dati sono poi estratti dalla locazione di memoria 20, e depositati nel registro di shift. Inserendo i dati nel registro esso automaticamente parte.

```
LDA     $20
STA     SR
```

Se si deve inviare una successione di parole a 8 bit, tale programma aspetterà la fine di uno shift prima di iniziare il successivo. Ciò sarà compiuto tramite un ciclo di attesa come nel caso precedente. Una volta che gli 8 bit sono stati inviati fuori, il 6522 pone automaticamente ad "1" il bit 2 di IFR (vedi Figura 2-28). Il programma quindi dovrà semplicemente controllare in continuazione il bit 2 di IFR, fino a che non assume il valore "1". Non appena è stato rilevato il valore "1" lo shift ricomincerà.

Sommario del 6522

Le tre funzioni di questo componente sono: PIO, timer, shift. Inoltre possono essere indicati segnali di controllo complessi per il PIO e il timer. Si sono descritte le funzioni dei possibili segnali di controllo e le opzioni. Tale componente può essere visto come un insieme di tre funzioni separate. Le funzioni della porta A e della porta B sono sostanzialmente simili ma non simmetriche: i due timer hanno alcune caratteristiche comuni ma offrono possibilità diverse. Infine, il registro di shift è essenzialmente simmetrico in ingresso e in uscita e può essere usato per ricevere o trasmettere bit oppure parole ad ogni frequenza, da un certo numero di sorgenti di clock esterne.

ESERCIZIO 2-4: *Mettere in una tabella di memoria a 2 parole posta alla locazione BUFFER, due successive parole di dati da DEVICE 1. DEVICE 1 fornisce uno strobe READY, attivo basso-alto. È richiesto un segnale di accettazione (impulso alto).*

ESERCIZIO 2-5: *Lo stesso dell'esercizio 2-4, a differenza del fatto che DEVICE 1 richiede un impulso di START attivo basso e risponde con il segnale READY.*

ESERCIZIO 2-6: *Inviare dati a DEVICE 2 dalla locazione di memoria BUFFER. DEVICE 2 invia un segnale BUSY quando non è pronto.*

ESERCIZIO 2-7: *Come l'esercizio 2-5, ma DEVICE 2 richiede uno strobe STATUS per fornire una riposta READY/BUSY.*

ESERCIZIO 2-8: *Accendere una stampante con un «1» sulla linea di controllo, attendere il READY, inviare un carattere e spegnerla.*

ESERCIZIO 2-9: *Contare 10 impulsi in ingresso su PB6.*

ESERCIZIO 2-10: *Generare un impulso di 1 ms su PB7.*

ESERCIZIO 2-11: *Eseguire uno shift in uscita di 8 bit dalla locazione di memoria BUFFER alla velocità del timer 2.*

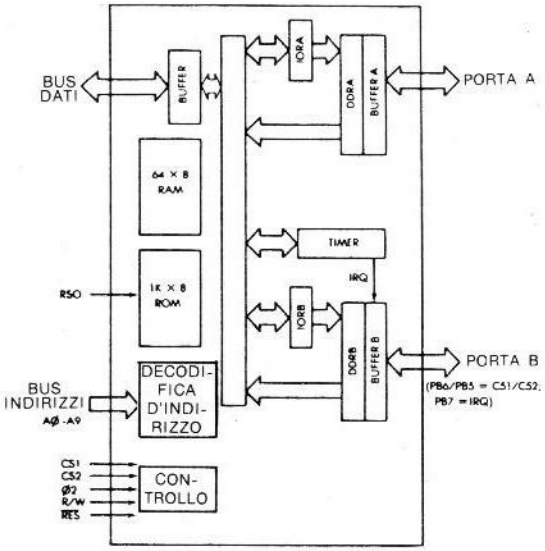


Figura 2-36: Architettura Interna del 6530

IL 6530 ROM-RAM I/O TIMER (RRIOT)
(RRIOT sta per ROM-RAM-I/O-Timer)

Il 6530 è una combinazione speciale di componenti che riunisce quattro funzioni abitualmente distinte: un PIO, un timer, una RAM e un ROM. L'architettura interna del 6530 è illustrata in Figura 2-36. Esso è costituito dal solito PIO a due porte, ognuna delle quali con il proprio registro di direzione dati. Ad ogni modo non c'è nessuna linea di controllo o interrupt logico associato alle porte. Il timer è collegato alla porta B. La memoria RAM fornisce 64 byte, la ROM 1 K byte. Una ROM, una volta programmata, non può essere cambiata. Dal momento che non è economico produrre ROM in piccole quantità, il 6530 è usato solamente in situazioni dove si deve produrre un grande numero di componenti identici. Ad esempio, la scheda KIM, usa due 6530 che contengono il programma di controllo interno o "monitor".

In questo componente tre pin hanno doppia funzione: CS1 e CS2 sono opzioni di maschera invece di PB6 e PB5. Inoltre, PB7 può essere usato come richiesta di interrupt IRQ.

Il Timer d'Intervallo

Il timer di intervallo è fornito di un registro ad 8 bit e può essere usato in uno dei 4 possibili modi. In funzione dei valori A0 e A1 delle linee d'indirizzo, esso conterà, con incrementi di 1, 8, 64, 1024 volte, il clock del sistema. Al programmatore il timer appare come l'insieme di 4 locazioni di memoria, come illustrato in Figura 2-37.

Quando si usa il timer, il pin PB7, può essere usato come un pin d'interrupt. Quando è usato come interrupt, il PB7 deve essere programmato come ingresso. Quando non è usato come interrupt, può essere usato per qualsiasi scopo. Per i dettagli sull'utilizzazione di PB7 come interrupt, il lettore è rimandato ai data sheet del costruttore.

A2	A1	A0		
0	0	0	BUFFER A	
0	0	1	DDRA	
0	1	0	BUFFER B	
0	1	1	DDRB	
1	0	0	TIMER 1T	+ IRQ a PB7
1	0	1	(W) TIMER 8T (R) INT FLAG	NO IRQ a PB7
1	1	0	TIMER 64T	+ IRQ a PB7
1	1	1	TIMER 1024T (R) INT FLAG	NO IRQ a OB7

Nota: A3 indica se è usato interrupt.

Figura 2-37: Mappa di Memoria del 6530

IL RIOT 6532

Il 6532 è sostanzialmente un 6530 senza la ROM. La RAM comunque, è più grande: essa fornisce 128 parole. Inoltre la linea PA7, su tale dispositivo, può essere usata come un ingresso rilevatore di fronti. Quando questo modo è usato in corrispondenza di una transizione attiva, si posiziona un flag interno di interrupt (bit 6 del registro flag di interrupt).

L'architettura interna del 6532, è illustrata in Figura 2-38. L'indirizzamento del chip è mostrato in Figura 2-39. Il resto delle operazioni del 6532 sono sostanzialmente quelle del 6530.

Le porte A e B non sono simmetriche. La maggior differenza fra le due porte è che la porta B è fornita di buffer in push-pull che sono capaci di fornire 3 mA ad 1,5 volt.
Ciò permette il collegamento diretto di questa porta a LED o a transistori Darlington. Inoltre la porta A legge direttamente dai pin. Sulla porta B, i dati sono letti dal registro d'uscita invece che dai pin periferici.

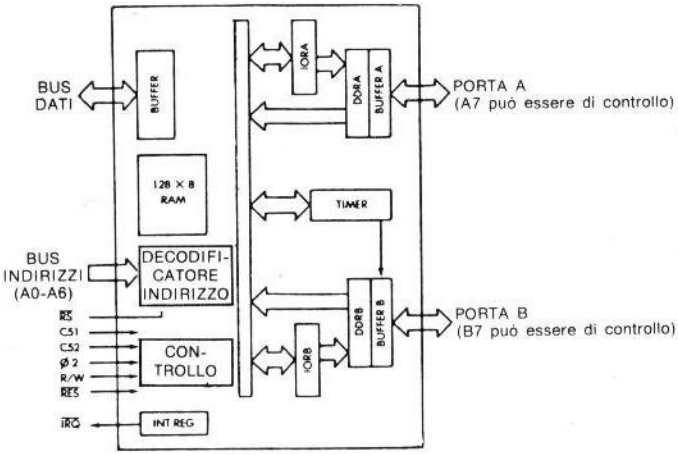


Figura 2-38: Architettura Interna del 6532

RS	A4	A3	A2	A1	A0	R/W	SELEZIONE
0	-	-	-	-	-	-	RAM
1	-	-	0	0	0	-	ORA
1	-	-	0	0	1	-	DDRA
1	-	-	0	1	0	-	ORB
1	-	-	0	1	1	-	DDRB
1	1	*	1	0	0	0	SCRITTURA TIMER + 1T
1	1	*	1	0	1	0	+ 8T
1	1	*	1	1	0	0	+ 64T
1	1	*	1	1	1	0	+ 1024T
1	-	*	1	-	0	1	LETTURA TIMER
1	-	-	1	-	1	1	LETTURA FLAG INTERRUPT
1	0	-	1	**	***	0	SCRITTURA CONTROLLO FRONTE RILEVATO

* disabilita (0) / abilita (1) INT da timer a IRQ
** disabilita (0) / abilita (1) INT da PA7 a IRQ
*** negativo (0) / positivo (1) fronte rilevato

Figura 2-39: Indirizzamento del 6532

SOMMARIO

La maggior parte delle applicazioni richiederà almeno l'uso di due o più porte su uno o più PIO e l'impiego di un timer programmabile. Applicazioni sofisticate richiederanno l'uso di segnali di controllo e il possibile impiego di shift automatizzati. Tutti i componenti analizzati – il 6520, 6522, 6530 e 6532 – forniscono due porte PIO. Ad eccezione del 6520, essi forniscono tutti almeno un timer programmabile. In Figura 2-40 è riportata una tabella di confronto dei quattro dispositivi ingresso-uscita.

Uno o più di uno dei suddetti PIO saranno in tutte le applicazioni di questo libro.

	6520	6522	6530	6532
LINEE PORTA A	8	8	8	8
LINEE PORTA B	8	8	5 a 8	8
LINEE DI CONTROLLO A	2	2	0	0
LINEE DI CONTROLLO B	2	2	0	0
DDRA	1	1	si	si
DDRB	1	1	si	si
TIMER 1	-	si	si	si
TIMER 2	-	sì	-	-
ROM	-	-	1K × 8	-
RAM	-	-	64 × 8	128 × 8
ALTRO	-	somma i registri di controllo	rapporti 4 timer	rapporti 4 timer
INTERRUPT	2	1	opzionale	1

Figura 2-40: Tabella di Confronto dei Quattro PIO

CAPITOLO 3

SISTEMI BASATI SUL 6502

INTRODUZIONE

Le applicazioni presentate in questo volume faranno riferimento a un sistema 6502 "standard". Innanzi tutto sarà, quindi, presentata l'organizzazione di un tale "sistema standard". Saranno poi descritte alcune linee reali 6502, che mostreremo essere coerenti con il modello standard appena introdotto.

Con lo scopo di presentare applicazioni reali, è necessario definire una precisa configurazione hardware, a cui queste fanno effettivamente riferimento. La maggior parte degli esempi presentati nel libro, sono direttamente applicabili alla scheda SYM e possono essere facilmente adattati alla scheda KIM. Un paragrafo del capitolo successivo presenterà in particolare, programmi KIM. Non si sostiene nessuna scheda e nessun costruttore. Semplicemente, a scopo educativo, è più pratico presentare applicazioni direttamente realizzabili a schede esistenti, invece di inventarne una fittizia. Molti programmi scritti per il SYM sono compatibili con il KIM e possono essere facilmente adattati ad altre schede, ad esempio l'AIM65. Il lettore è sollecitato ad esercitarsi nel decidere quale scheda soddisferà, in modo migliore, alle sue necessità.

In questo capitolo sono presentate le architetture del KIM, SYM e AIM65. Il SYM è presentato in maggior dettaglio, cosicché il lettore che non ha un SYM, possa comprendere le interconnessioni usate nei programmi delle applicazioni, presentate nei successivi capitoli. Ad ogni modo sottolineamo di nuovo che può essere usata ogni altra scheda e che i cambiamenti richiesti nei programmi sono in genere minimi.

UN SISTEMA 6502 "STANDARD"

Ogni sistema standard a microprocessore, comprende almeno il microprocessore (MPU), il suo circuito di clock, la ROM, la RAM e uno o più PIO. In Figura 3-1, è mostrata l'organizzazione di un tale sistema standard che fa uso del 6502.

Il 6502 contiene la maggior parte dei circuiti di clock all'interno del chip del microprocessore, cosicché è necessario solamente un quarzo esterno ad un circuito oscillante. Il 6502 e il suo circuito di clock, sono mostrati sulla sinistra dell'illustrazione. Il 6502, come ogni microprocessore "standard", fa uso di tre bus: bus degli indirizzi (16 linee), il bus dei dati (8 linee bidirezionali) e infine il bus di controllo.

Nel sistema standard la memoria RAM (memoria di lettura-scrittura), la memoria ROM (memoria di sola lettura) e il PIO sono indicati come chip separati collegati ai 3 bus. La ROM tipicamente conterrà un programma *monitor* necessario per sfruttare le risorse del microprocessore, o anche il programma dell'utente (in applicazioni industriali). Il PIO mette a disposizione due porte (di 8 linee ciascuna) per le comunicazioni con dispositivi esterni, più, a volte, alcune linee di controllo. In ogni applicazione pratica, saranno necessari almeno due PIO per fornire un numero sufficiente di linee I/O. In genere è necessaria un po' di logica per la decodifica degli indirizzi e per altre funzioni.

Poiché nella famiglia 6502 sono disponibili parecchie combinazioni di chip, la ROM, la RAM, il PIO, possono essere posti su uno o più chip.

Ad ogni modo ogni sistema che fa uso del 6502, normalmente, comprenderà tutti gli elementi logici di Figura 3-1.

Esaminiamo ora alcuni esempi reali e come sono collegati alla nostra linea standard.

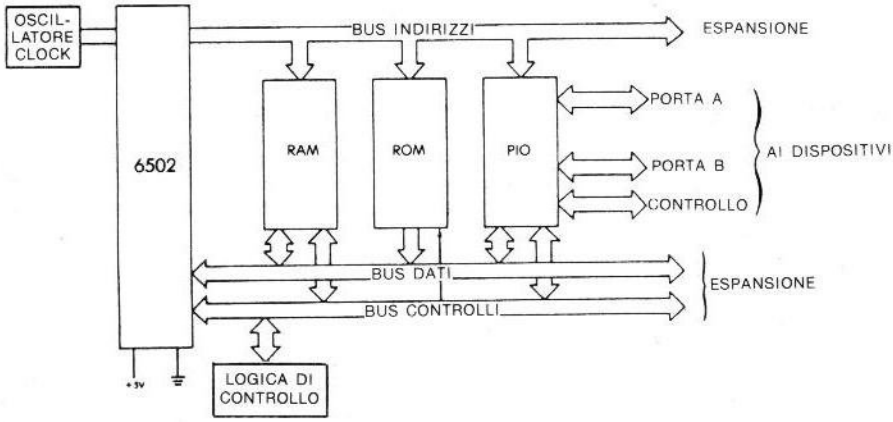


Figura 3-1: Organizzazione di un Sistema 6520 "Standard"

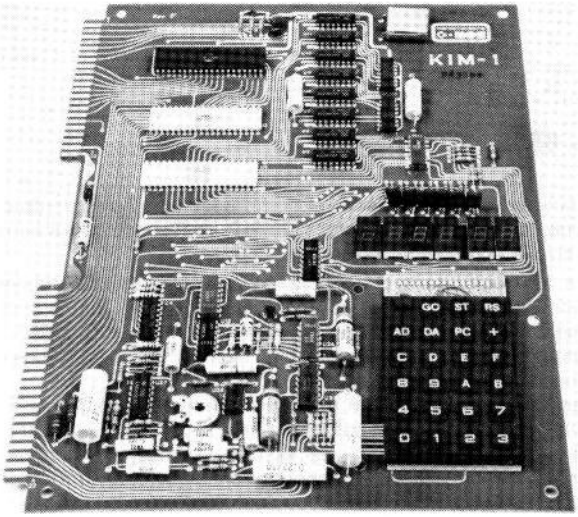


Figura 3-2: Fotografia del KIM-1

IL KIM-1

Il KIM-1 fu una prima scheda introdotta dalla MOS Technology, in supporto del suo microprocessore 6502. Essa incorpora un numero minimo di componenti, è fornita di una tastiera esadecimale e di 6 LED, in modo che può essere usata come un microcomputer completo standard a basso costo. Essa è mostrata in Figura 3-2. La sua organizzazione interna è illustrata in Figura 3-3.

Il KIM-1 comprende una RAM di 1 K per 8 separata, (per l'utente) e due chip di combinazioni 6530. Il lettore ricorderà, dal capitolo precedente, che il 6530 è un chip combinazione che fornisce un PIO, un timer programmabile, una ROM ed una RAM. Su tale sistema non c'è bisogno di una memoria ROM esterna, dal momento che la quantità di ROM fornita dai due 6530, è sufficiente a contenere il monitor del sistema. Ogni 6530 contiene anche 64 bytes di RAM, che sono in parte usati dal monitor del sistema.

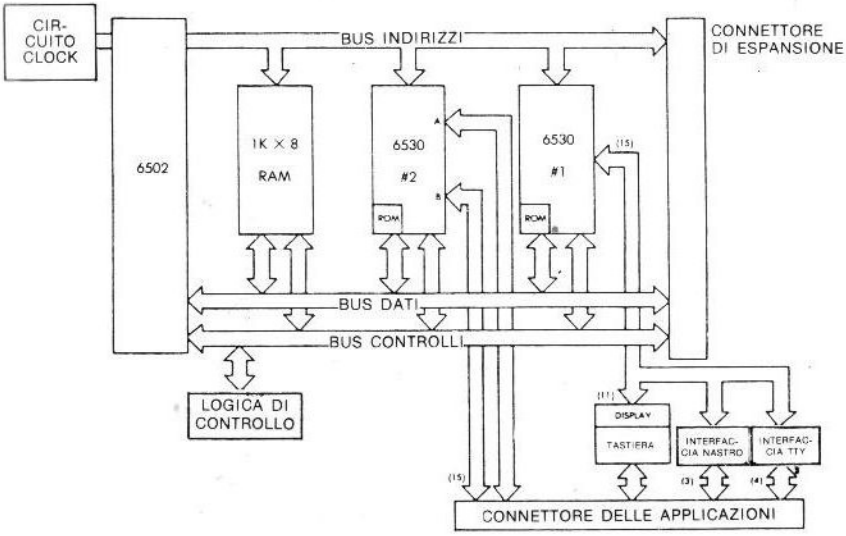


Figura 3-3: Organizzazione Interna del KIM-1

Il sistema è munito inoltre, di una tastiera, 6 LED, un interfaccia per registratore su nastro e un interfaccia per stampante. È possibile espandere esternamente il complesso per mezzo di due connettori, chiamati rispettivamente connettore di espansione e connettore di applicazione, come illustrato in Figura 3-3. In Figura 3-4 è mostrata la mappa di memoria del sistema. I segnali per i due connettori del KIM sono mostrati nelle Figure 3-5 e 3-6.

Il lettore può controllare che l'organizzazione di questo sistema è in accordo con la descrizione del nostro sistema standard 6502 mostrato in Figura 3-1. I dettagli sui pin connessi sono utili a quei lettori che vorranno collegare le applicazioni qui presentate a questa scheda particolare.

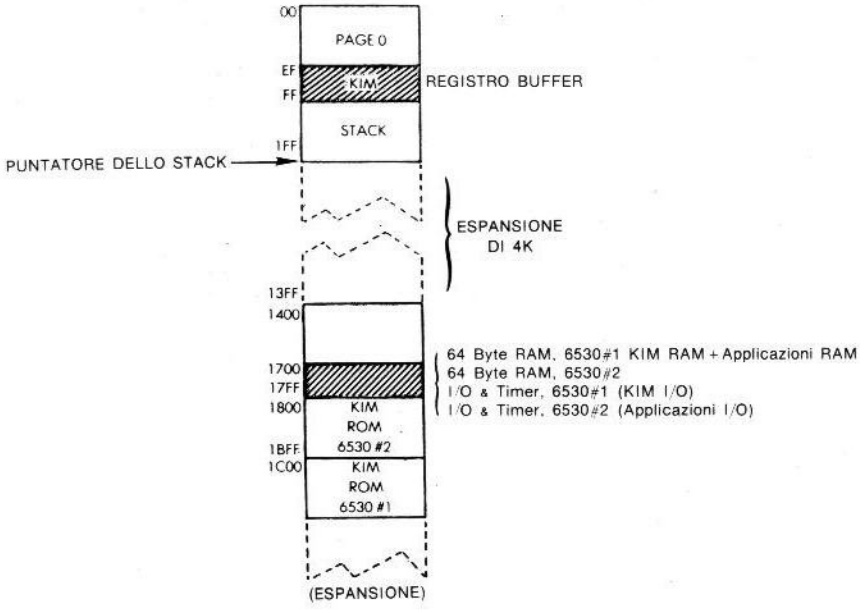


Figura 3-4: Mappa di Memoria del KIM-1

22	KB Col D	Z	KB Riga 1
21	KB Col A	Y	KB Col C
20	KB Col E	X	KB Riga 2
19	KB Col B	W	KB Col G
18	KB Col F	V	KB Riga 3
17	KB Riga 0	U	TTY PTR
16	PB5	T	TTY KYBD
15	PB7	S	TTY PTR RTRN (+)
14	PA0	R	TTY KYBD RTRN (+)
13	PB4	P	AUDIO OUT HI
12	PB3	N	+12V
11	PB2	M	AUDIO OUT LO
10	PB1	L	AUDIO IN
9	PB0	K	DECODE ENAB
8	PA7	J	K7
7	PA6	H	K5
6	PA5	F	K4
5	PA4	E	K3
4	PA1	D	K2
3	PA2	C	K1
2	PA3	B	K0
1	Vss (GND)	A	Vcc (+5V)

Figura 3-5: Connettori di Applicazioni del KIM-1

22	Vss (GND)	Z	$\overline{\text{RAM}}$/R/W
21	Vcc (+5)	Y	$\overline{\Phi 2}$
20		X	$\overline{\text{PLL}}$ TEST
19		W	$\overline{\text{R}}/\overline{\text{W}}$
18		V	R/W
17	SST OUT	U	Φ2
16	K6	T	AB15
15	DB0	S	AB14
14	DB1	R	AB13
13	DB2	P	AB12
12	DB3	N	AB11
11	DB4	M	AB10
10	DB5	L	AB9
9	DB6	K	AB8
8	DB7	J	AB7
7	RST	H	AB6
6	NMI	F	AB5
5	RO	E	AB4
4	IRQ	D	AB3
3	Φ1	C	AB2
2	RDY	B	AB1
1	SYNC	A	AB0

Figura 3-6: Connettori di Espansione del KIM

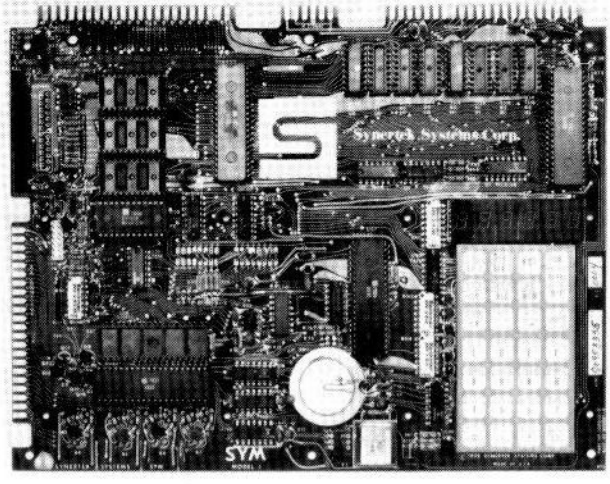


Figura 3-7: SYM

IL SYM-1

La scheda SYM-1 fu introdotto dalla Synertek Systems come una versione espansa della scheda precedente. Una foto del SYM appare in Figura 3-7. In Figura 3-8, è riportata la sua organizzazione interna.

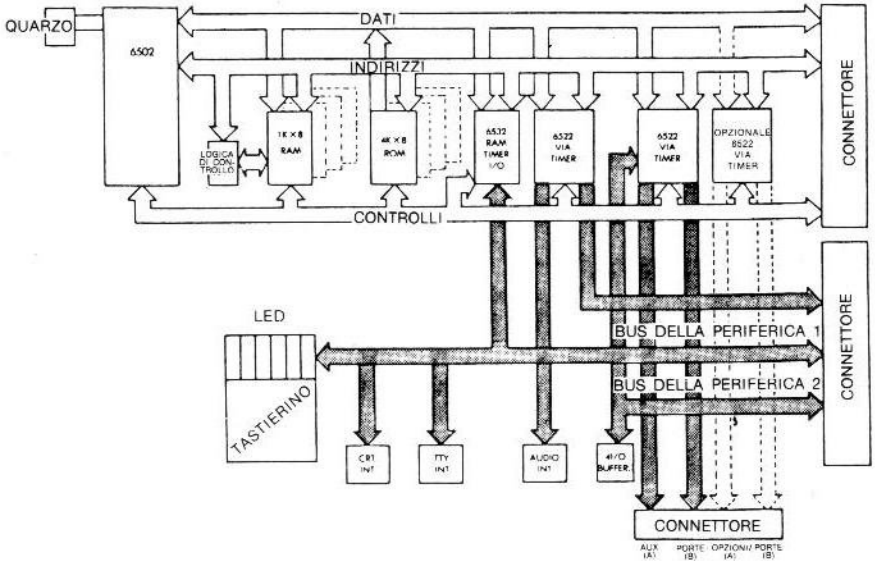


Figura 3-8: Organizzazione Interna del SYM

Le differenze essenziali dalla scheda precedente sono:

- È munito di una memoria ROM separata di 4 K per 8. Le maggiori dimensioni della ROM permettono l'impiego di un monitor residente più complesso.

- Comprende chip ingresso-uscita più complessi e ne ha tre invece di due, offre quindi più porte I/O e maggiori possibilità. A causa della porta in più possiede anche un connettore d'applicazione in più rispetto alla scheda precedente.

- Sono disponibili inoltre altre possibilità ingresso-uscita quali ad esempio quattro buffer ingresso/uscita e parte di un'interfaccia CRT.

Esistono altre differenze eterogenee fra questi sistemi ma non sono importanti ai fini di questo libro.

La mappa di memoria di sistema è mostrata in Figura 3-9; una più dettagliata mappa di memoria RAM, è riportata in Figura 3-10. I particolari dei tre connettori sono mostrati rispettivamente in Figura 3-11, 3-12 e 3-13.

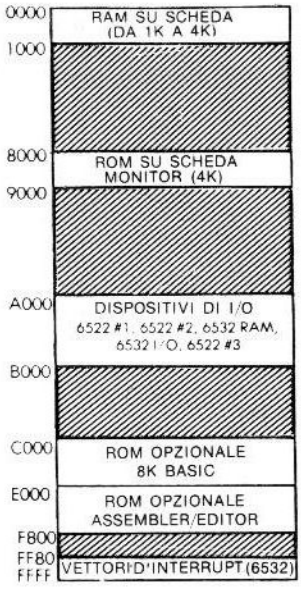


Figura 3-9: Mappa di Memoria del Sistema

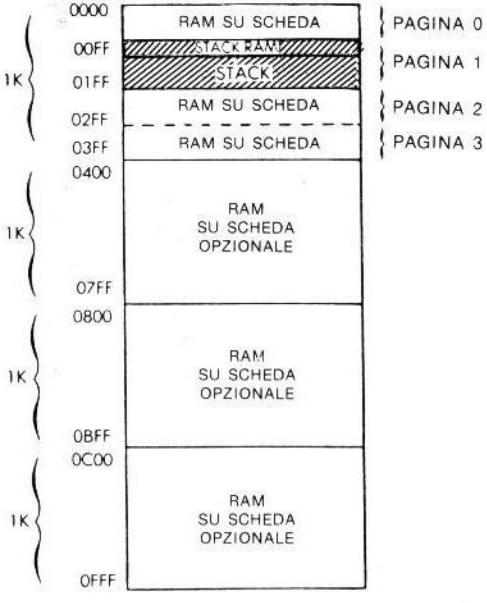


Figura 3-10: Mappa della Memoria RAM

1	SYNC	A	AB0
2	RDY	B	AB1
3	Φ1	C	AB2
4	$\overline{IRQ}$	D	AB3
5	RO	E	AB4
6	$\overline{NMI}$	F	AB5
7	$\overline{RES}$	H	AB6
8	DB7	J	AB7
9	DB6	K	AB8
10	DB5	L	AB9
11	DB4	M	AB10
12	DB3	N	AB11
13	DB2	P	AB12
14	DB1	R	AB13
15	DB0	S	AB14
16	$\overline{18}$	T	AB15
17	DBOUT (1)	U	Φ2
18	$\overline{POR}$	V	R/W
19	Non impiegato	W	$\overline{R/W}$
20	Non impiegato	X	AUD TEST
21	+5V	Y	$\overline{\Phi 2}$
22	GND	Z	RAM-R/W

Figura 3-11: Connettore di Espansione (E)

1	GND	A	+5V
2	APA3	B	$\overline{00}$
3	APA2	C	$\overline{04}$
4	APA1	D	$\overline{08}$
5	APA4	E	$\overline{0C}$
6	APA5	F	$\overline{10}$
7	APA6	H	$\overline{14}$
8	APA7	J	$\overline{IC}$
9	APB0	K	$\overline{18}$
10	APB1	L	Audio In
11	APB2	M	Audio Out (LO)
12	APB3	N	RCN-1 (1)
13	APB4	P	Audio Out (HI)
14	APA0	R	TTY KB RTN (+)
15	APB7	S	TTY PTR (+)
16	APB5	T	TTY KB RTN (−)
17	KB RIGA 0	U	TTY PTR (−)
18	KB COL F	V	KB RIGA 3
19	KB COL B	W	KB COL G
10	KB COL E	X	KB RIGA 2
21	KB COL A	Y	KB COL C
22	KB COL D	Z	KB RIGA 1

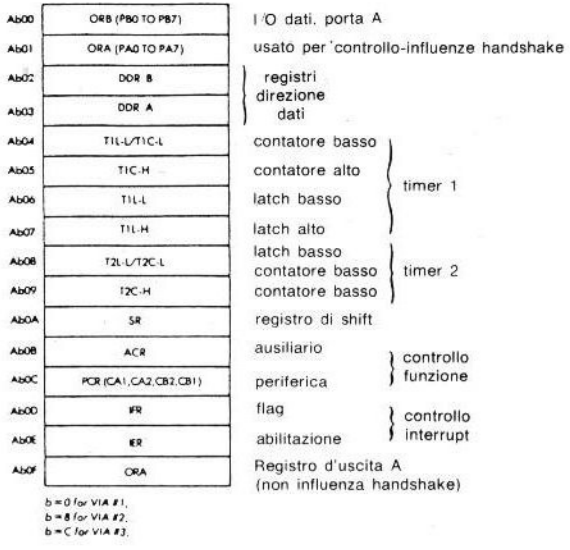
(1): Jumper Option

Figura 3-12: Connettore di Applicazione (A)

1	GND	A	+5V
2	$-V_N$	B	$+V_P$
3	2 PA 1	C	2 PA 2
4	2 CA 2	D	2 PA 0
5	2 CB 2	E	2 CA 1
6	2 PB 7	F	2 CB 2
7	2 PB 5	H	2 PB 6
8	2 PB 3	J	2 PB 4
9	2 PB 1	K	2 PB 2
10	2 PA 7	L	2 PB 0
11	2 PA 5	M	2 PA 6
12	2 PA 3	N	2 PA 4
13	RES	P	3 CA 1
14	3 CB 1	R	SCOPE
15	3 PB 2	S	3 PB 3
16	3 PB 0	T	3 PB 1
17	3 PA 6	U	3 PA 7
18	3 PA 3	V	3 PA 0
19	3 PA 4	W	3 PA 1
20	3 PA 5	X	3 PA 2
21	3 PB 5 (B)	Y	3 PB 4 (B)
22	3 PB 7 (B)	Z	3 PB 6 (B)

(B): Buffered

Figura 3-13: Connettore di Applicazione Ausiliario (AA)



3-14: Mappa di Memoria del 6522

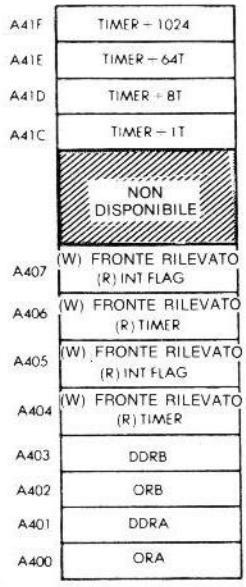


Figura 3-15: Mappa di Memoria del 6532

In Figura 3-14, è riportata la mappa di memoria del 6522, mentre in Figura 3-15 è mostrata la mappa di memoria del 6532.

Dal momento che alcuni dettagli di implementazione saranno usati (o sui quali si lavorerà) in alcuni dei programmi applicativi, vengono di seguito presentati due importanti particolari. La Figura 3-16 mostra le quattro uscite con buffer disponibili da PB4 a PB7 del 6522#3. La Figura 3-17 mostra il collegamento ai LED ed alla tastiera.

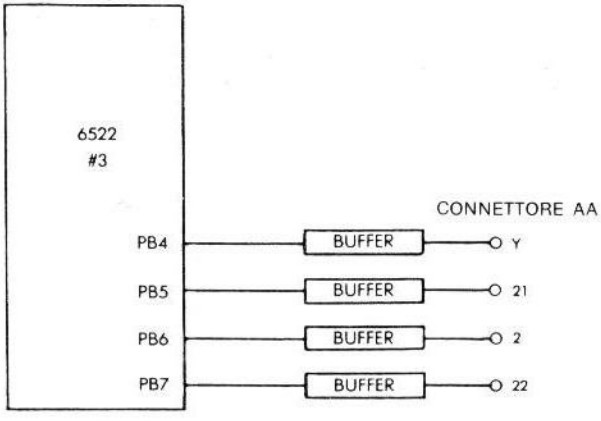


Figura 3-16: Le Quattro Uscite con Buffer

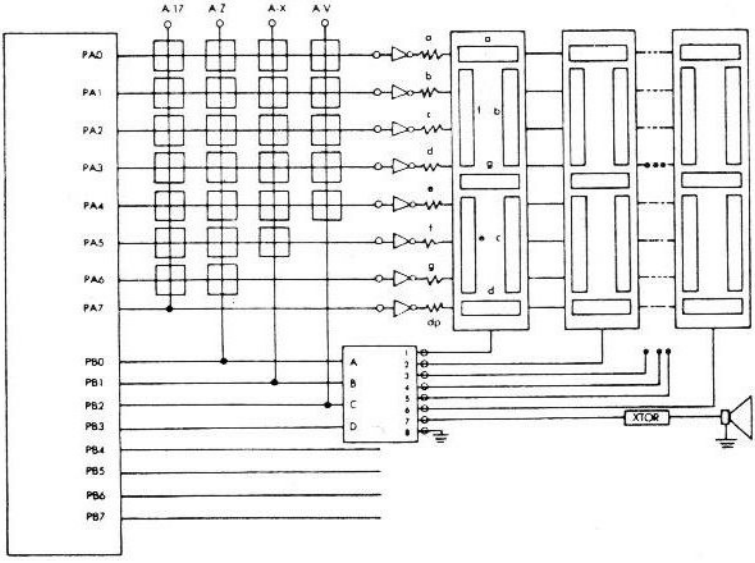


Figura 3-17: Collegamento della Tastiera e dei LED

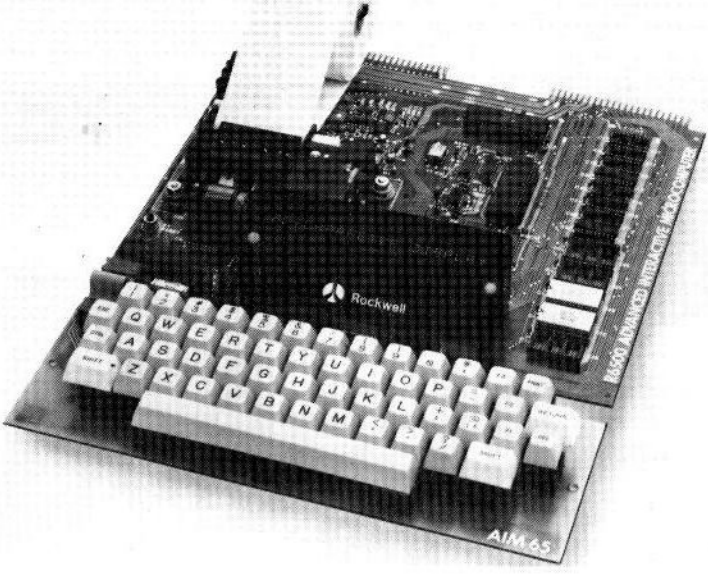


Figura 3-18: AIM 65 è una Scheda con Mini-Stampante e Tastiera Completa

L'AIM 65

L'AIM 65 è mostrato in Figura 3-18. Questa unità, sviluppata dalla Rockwell International, consiste di due schede. Una di esse è il microcomputer, munito di una stampante a matrice di punti a 20 colonne ed un display alfanumerico a 20 caratteri. La seconda scheda è una tastiera completamente ASCII, la quale è connessa direttamente all'altra. La stampante opera a 120 linee al minuto, e impiega una matrice di punti cinque per sette per stampare l'insieme completo dei 64 caratteri ASCII (solamente nel caso peggiore). Nella sua versione minima l'AIM 65 è costituito da un monitor comprendente (8K) 1K di RAM, due 6522, un 6532, più le solite interfacce (telescrivente, due interfacce per cassette audio e naturalmente l'interfaccia per la tastiera). Diversi altri chip aggiuntivi possono essere posti sulla scheda. Inoltre il connettore d'applicazioni utente è identico a quello descritto per le precedenti schede. Un utente che sviluppa applicazioni per questa scheda specifica, dovrà modificare solamente i programmi qui presentati per adattare l'assegnazione di memoria del PIO dell'AIM 65.

ALTRE SCHEDE

Altre schede vengono costruite da altri produttori quali ad esempio Ohio Scientific.

Ad ogni modo tutti i sistemi 6502 si adattano alla nostra descrizione di "sistema standard". Dal momento che essi usano gli stessi chip di I/O (e quasi tutti questi chip offrono grandi vantaggi), non ci sarà praticamente bisogno di fare modifiche ai programmi presentati in questo libro, fatta eccezione per l'indirizzamento del PIO e la possibile non disponibilità di particolari linee di I/O.

I connettori dei SYM A e E sono equivalenti a quelli del KIM e dell'AIM. La scheda verticale sulla sinistra dell'alimentatore della Figura 3-19 sottoriportata, è una scheda di espansione di memoria di 16K collegata attraverso il connettore E. In primo piano si vedono due prototipi collegati attraverso il connettore A: una tastiera esadecimale e una microstampante. Essi sono descritti nel capitolo 6.

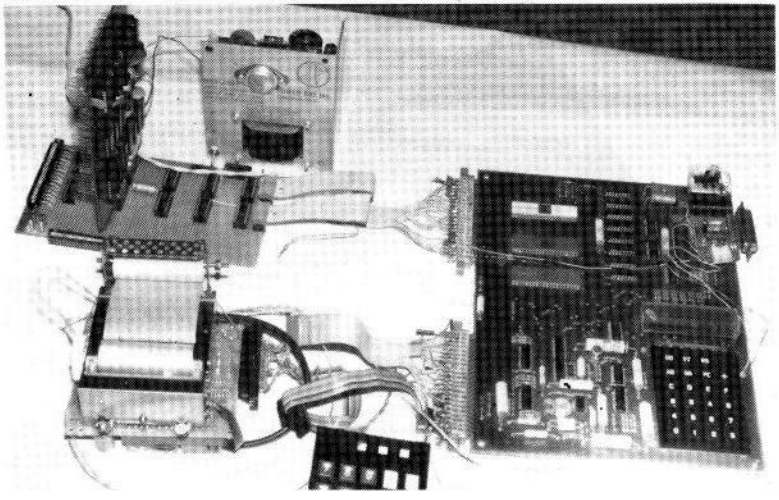


Figura 3-19: Compatibilità dei Connettori KIM/SYM/AIM

CAPITOLO 4

TECNICHE DI BASE

INTRODUZIONE

In questo capitolo collegheremo un 6502 a dispositivi d'ingresso-uscita di base. Eseguiremo collegamenti con semplici dispositivi di uscita, quali diodi emettitori di luce (LED), relè ed altoparlanti. In ingresso collegheremo un set di interruttori. Useremo queste risorse per iniziare lo sviluppo di semplici programmi applicativi, quali un generatore Morse, un orologio, un semplice programma per home control e anche una tastiera telefonica automatica. Presenteremo poi applicazioni dirette di queste tecniche: una sirena, un contatore d'impulso, un programma musicale, un gioco matematico. Nel capitolo successivo poi, svilupperemo programmi più complessi usando questi dispositivi d'ingresso-uscita di base e alcuni più complessi.

Sono necessari pochi componenti per realizzare in pratica le applicazioni di questo capitolo. Un'illustrazione del sistema è riportata in Figura 4-0. Tutti i componenti possono essere acquistati a basso costo in ogni magazzino di elettronica. Il lettore è vivamente incoraggiato ad acquistare questi pochi componenti elettronici e ad installarli come indicato in questo capitolo, con lo scopo di applicare effettivamente i programmi che saranno descritti. Naturalmente ciò richiederà l'accesso a sistemi basati sul 6502.

Con lo scopo di presentare programmi reali, viene usata una configurazione hardware sul SYM nella prima parte, e quella del KIM per la seconda. Ad ogni modo tutti questi programmi funzioneranno, con modifiche minime, su ogni altro sistema 6502 (vedi Capitolo 2).

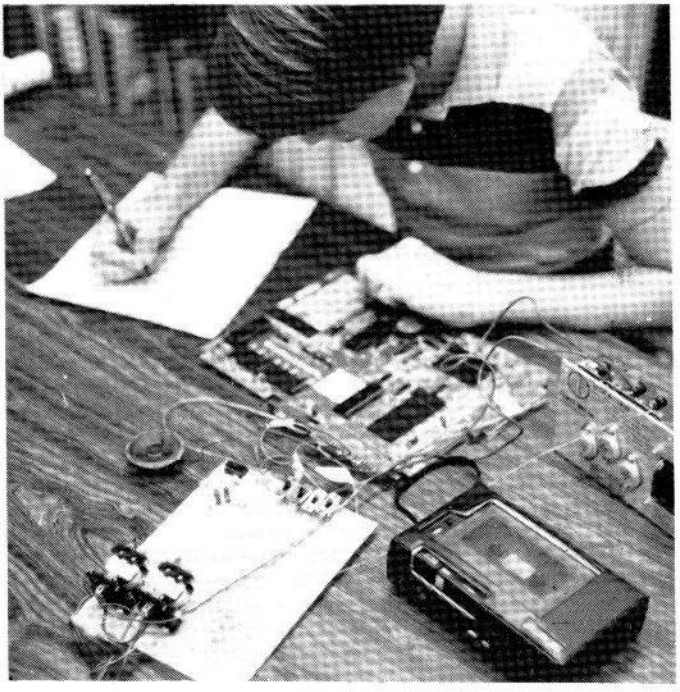
I programmi sviluppati in questo capitolo sono semplici, ma suppongono una conoscenza di base delle istruzioni del 6502, come quella fornita dal libro di questa serie, "Programmazione del 6502".

La seguente è la lista dei componenti richiesti per i programmi applicativi di questo capitolo:

scheda perforata	(1)
interruttori	(4)
LED driver	(1)
LED	(1 o più)
relè a 12 V	(3)
altoparlante	(1) (preferibilmente ad alta impedenza)
resistenza variabile	(1)
resistenze	
spina maschio per 120 V AC	(1)
spine femmine per 120 V AC	(2)

I collegamenti hardware dei diversi componenti sulla scheda saranno descritti per ogni applicazione.

Non è indispensabile eseguire l'assemblaggio di un'applicazione per comprendere questo capitolo. Comunque in questo e nel successivo capitolo saranno suggeriti molti esercizi. Sebbene essi possano essere sviluppati sulla carta, una migliore esperienza la si acquisisce trami-



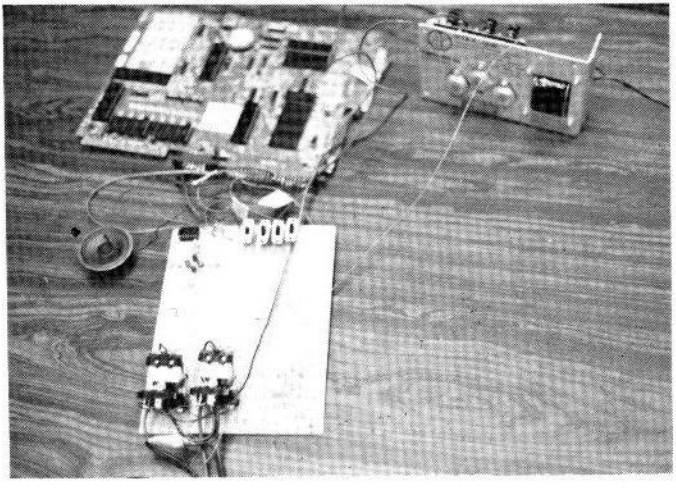


Figura 4-0: Sistema Completo con Alimentatore, Microcomputer, Registratore a Nastro e Scheda Applicativa

te sperimentazione reale. Il lettore è quindi nuovamente incoraggiato, prima o dopo la lettura di questo libro, ad iniziare programmazione su hardware reale. Lo scopo di questo capitolo è di insegnare le tecniche base di interfacciamento hardware e software, che sono richieste per collegare ogni sistema 6502 "standard" a semplici dispositivi esterni. Alla fine di questo capitolo, saprete come sfruttare le principali risorse dei chip d'ingresso-uscita e come scrivere programmi che riconoscono e controllano dispositivi d'ingresso-uscita. Nel successivo capitolo ci baseremo su questa esperienza e svilupperemo applicazioni industriali ed home più complesse.

PARTE 1: LE TECNICHE

RELÈ

Per controllare un circuito esterno ad alta tensione e corrente, si impiega un relè: il circuito di controllo è *isolato* da quello esterno tramite il relè. Un relè richiede corrente continua. La corrente percorre la bobina producendo un campo magnetico. Tale campo provoca la chiusura di un contatto mobile. *Il circuito esterno* può essere a corrente alternata (CA) o continua (CC). Per ottenere il controllo di dispositivi esterni che impiegano una tensione e corrente piuttosto elevate, quali le applicazioni, useremo relè.

Nella scheda SYM ci sono speciali provvedimenti per altre correnti e tensioni. Sulla piastra sono disponibili quattro porte di uscita con buffer. Esse sono collegate rispettivamente ai bit 4, 5, 6 e 7 del registro B di ingresso-uscita del PIO (6522-U29) (vedi Figura 4-1). Useremo quindi direttamente queste uscite speciali che possono controllare relè. Su ogni altra piastra che ha solamente uscite del PIO (come KIM), deve essere usato un transistore od un buffer. In Figura 4-2 è indicato l'impiego di un Invertitore Sestuplo per il controllo di tre relè esterni da due linee di uscita di un 6530.

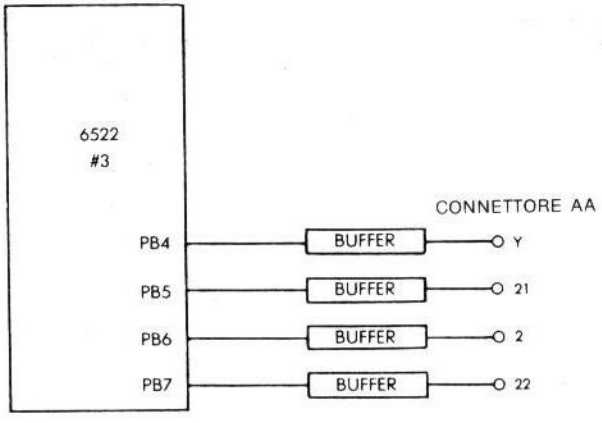


Figura 4-1: Buffer di I/O

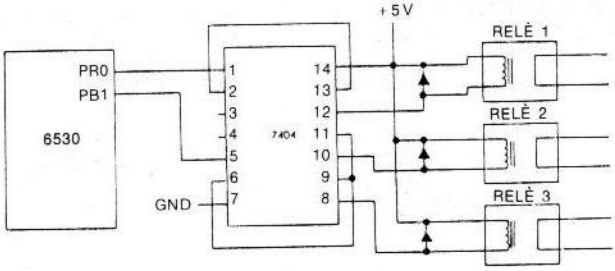


Figura 4-2: Interfaccia Relè del 6530

L'Interfaccia Hardware

Lo schema per il collegamento di un singolo relè è indicato in Figura 4-3. Questo può essere, per esempio, un relè a 12 volt con una bobina da 50 o 500 ohm. Il contatto può essere SPST (singolo polo, singolo braccio = un contatto) o SPDT (singolo polo, doppio braccio = due contatti) a 10-15 ampere. La corrente sui contatti del relè deve essere sufficiente ad alimentare il dispositivo esterno ad esso collegato. La maggior parte delle applicazioni home non assorbono più di 10-15 ampere, cosicché le specifiche suddette saranno sufficienti in tali casi.

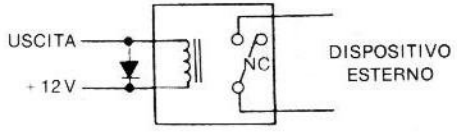


Figura 4-3: Collegamento di Un Solo Relè

Si noti che in parallelo alla bobina è collegato un diodo di clipping. Questa è una precauzione importante da adottare su ogni relè, per evitare danni al buffer del PIO o all'amplificatore. Quando il relè viene spento si fa un picco inverso di tensione. Ogni diodo che resiste a tale tensione va bene allo scopo. Per esempio, un IN914 sarà adatto ai nostri scopi.

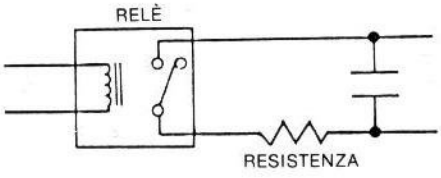


Figura 4-4: Protezioni Verso il Dispositivo

Dal relè verso il dispositivo bisogna prendere due precauzioni: in parallelo all'uscita può essere posto un condensatore per assorbire le scariche dovute alla chiusura dei contatti (questo assicura una vita più lunga ai contatti del relè; può essere messa anche una resistenza in serie se si può avere un assorbimento di corrente significativo). (vedi Figura 4-4).

Un relè a doppio-polo può essere collegato esattamente allo stesso modo e lo schema di collegamento è indicato in Figura 4-5. Un tale relè è in grado di servire contemporaneamente due circuiti separati ed indipendenti.

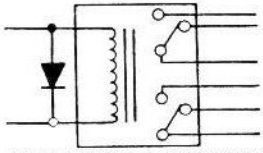


Figura 4-5: Collegamento di Un Relè a Doppia Via

Consideriamo ora un'applicazione pratica. Collegheremo due relè, rispettivamente R1 e R2, ai bit 6 e 7 della porta B del PIO del SYM. Questi relè saranno usati per controllare dispositivi CA. Nel caso più semplice, supporremo che questi dispositivi CA siano due lampade indipendenti. Questo ci permetterà di controllare facilmente il programma, verificando semplicemente se le lampade sono accese o spente. Naturalmente invece di una lampada, il dispositivo può essere di qualsiasi altro tipo che non sovraccarichi il relè. In Figura 4-6 appare lo schema dei collegamenti.

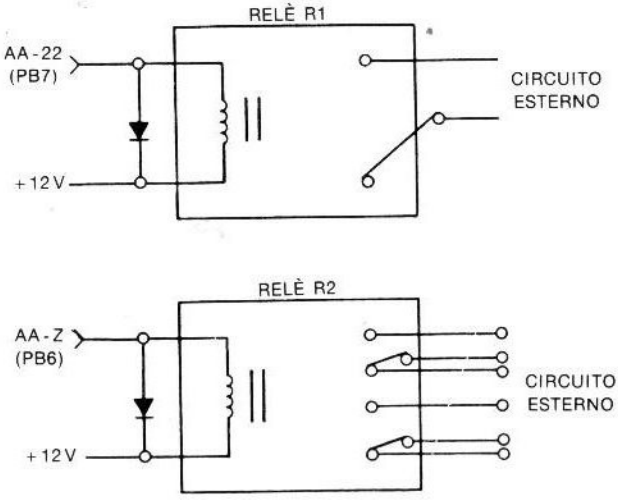


Figura 4-6: Collegamento di Due Relè al PIO

Esaminiamo le Figure 3-11, 3-12, 3-13 che riportano i punti di collegamento per i tre connettori SYM: si vede che le quattro uscite munite di buffer, indicate con PB4, PB5, PB6 e PB7, sono disponibili rispettivamente sui pin Y, 21, Z e 22. I punti di connessione segnati con PB5 fino a PB7 sulla nostra illustrazione, devono quindi essere semplicemente collegati con un filo agli appositi pin del «connettore ausiliario di applicazione».

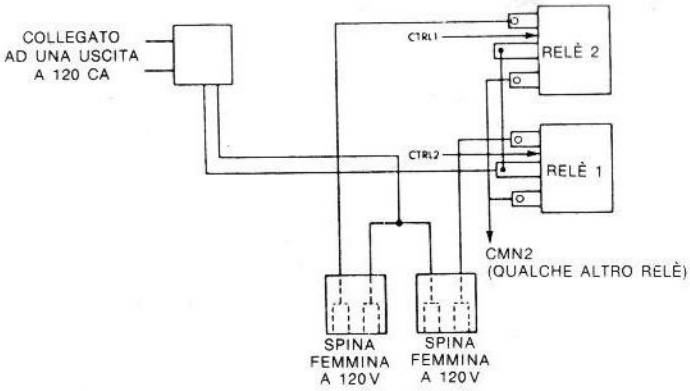


Figura 4-7: Circuiti Esterni per Relè

Dalla parte del relè verso il circuito esterno, è impiegata una spina CA la quale sarà collegata ad una presa della parete e fornirà potenza alle due uscite che saranno controllate dal microcomputer. Queste due uscite sono collegate ai relè come indicato in Figura 4-7. Esse sono alimentate in parallelo dalla spina CA. In ogni caso ognuna delle due prese d'uscita può essere alimentata indipendentemente sotto il controllo del microcomputer. Implementiamo ora il software di controllo di questi relè.

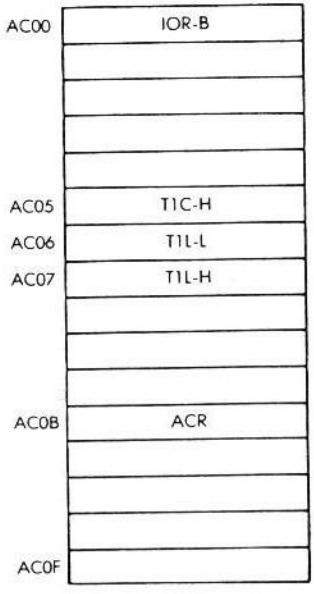


Figura 4-8: Mappa di Memoria per 6522#3 (Terzo 6522 del SYM)

L'Interfaccia Software

Ognuno dei due circuiti collegati ai relé R1 e R2, sarà alimentato quando viene attuato il relé corrispondente. Il relé verrà chiuso ponendo il corrispondente bit di controllo ad "1". Esaminando la Figura 4-8, si può vedere che la porta B per il 6522#3 è posta all'indirizzo di Memoria AC00. Il contenuto della suddetta locazione di memoria è mostrato in Figura 4-9. Ora chiudiamo ed apriamo i relé.

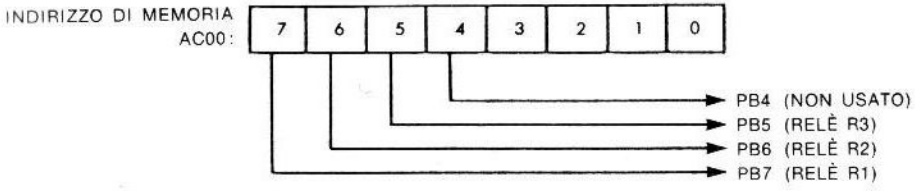


Figura 4-9: Porta B del 6522#3

Innanzi tutto dobbiamo imporre alla porta B la configurazione d'uscita. Per semplicità imporremo ai bit da 0 a 7 di essere uscite, anche se qui useremo solo i bit 5, 6 e 7. Tale convenzione può essere cambiata in una convenzione diversa. Si ricorderà dal Capitolo 2, che per specificare la direzione in cui sono usate le linee di ingresso-uscita, bisogna caricare con "0" od "1" il corrispondente bit del Registro Direzione Dati. Un uno nel Registro di Direzione Dati indicherà un'uscita. Uno zero indicherà un ingresso. Caricando tutti uno nel Registro di Direzione Dati si è sicuri che tutti i bit saranno usati come uscite.

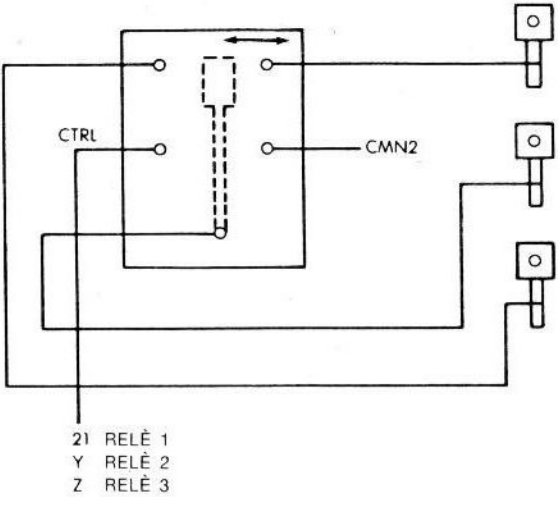


Figura 4-10: Particolare del Collegamento Relè sulla Piastra dell'Applicazione

Si noti che, durante la programmazione, un buon modo di procedere è di fare sempre cose il più possibile semplici e correnti. Dal momento che qui supporremo (come inizio) non esserci altri dispositivi collegati alle altre linee della porta B, non nuoce configurare tutte le linee come ingressi o come uscite.

La configurazione di tutti i bit programmati come uscite è ottenuta con le seguenti due istruzioni:

```
LDA     #$FF     CARICA IN MODO IMMEDIATO
                 A CON 11111111
STA     $AC02    MEMORIZZA A NELL'INDIRIZZO AC02
                 ESADECIMALE
```

Sulla Figura 4-8 è possibile verificare che AC02 è l'indirizzo del Registro di Direzione Dati per la porta B del 6522#3.
L'esadecimale "FF" è equivalente al binario "11111111". Torniamo ora al relé collegato a PB6.

```
LDA     $AC00    LEGGI IL VALORE CORRENTE DI PB
ORA     #$40     METTI PB6 AD 1
STA     $AC00    USCITA
```

La prima istruzione è usata per leggere il valore corrente della porta B. Poiché parecchi dispositivi o relé possono essere collegati alla porta B, non vogliamo scrivere semplicemente una maschera del tipo "01000000" nella porta B; ciò chiuderà infatti il relé collegato a PB6, ma aprirà anche tutti gli altri! Quindi leggeremo lo stato attuale di PB6 e cambieremo solo un bit, PB6. Tale cambiamento è eseguito tramite l'istruzione di OR logico, la seconda nel nostro programma (ORA). L'OR logico rispetta il valore degli altri bit e forza al valore "1" il bit specifico che interessa. Se si vuole porre ad "1" PB7 invece di PB6, sarà usata la maschera "80" (esadecimale), invece di "40". Infine, la maschera di bit risultante è memorizzata all'indirizzo AC00 che corrisponde a PB; il relé collegato a PB6 viene poi chiuso.

ESERCIZIO 4-1: *Scrivere il programma di tre istruzioni, che chiuderà contemporaneamente i relé collegati a PB6 e PB7.*

Apriamo ora i relé collegati a PB6:

```
LDA     $AC00    LEGGI LO STATO CORRENTE DI PB
AND     #$BF     METTI IL BIT 6 A 0
STA     $AC00    MEMORIZZA IL VALORE RISULTANTE IN PB
```

L'istruzione di AND logico è usata per mettere a "0" un particolare bit. Tutti gli altri bit non sono influenzati. ("BF" esadecimale vale "10111111" in binario).

NOTA: *L'istruzione di AND è tradizionalmente usata per mettere a zero uno specifico bit. Ad ogni modo lo stesso risultato può essere ottenuto usando l'istruzione EOR. Il programma resta lo stesso ad eccezione dell'istruzione AND che diventa:*

```
EOR     #$40
```

Il vantaggio è che la maschera usata per l'accensione è uguale a quella per lo spegnimento. Questo elimina possibili errori. Il lettore potrà verificare che questo è un modo legittimo per forzare uno zero. Quanto sopra avviene poiché l'OR esclusivo di "1" e "1" è "0". Se il bit 6 era 1, la maschera "40" lo forzerà quindi a zero. Tutti gli altri bit saranno inalterati.

Verifica

Verifichiamo ora, che queste semplici istruzioni siano necessarie e sufficienti a chiudere ed aprire i nostri relé. Collegheremo due lampade, o due dispositivi, ai due relé e scriveremo queste istruzioni sulla tastiera, poi verificheremo che le lampade vengano accese e spente. Dal momento che la tastiera impone che i dati in ingresso siano in forma esadecimale, di seguito è riportato l'equivalente in esadecimale dei due programmi sopra:

Chiusura del relé

AD	00 AC
09	MASCHERA (MASCHERA sta per un valore a 8 bit)
8D	00 AC

Il programma per aprire il relé è:

AD	00 AC
49	MASCHERA
8D	00 AC

Se si possiede una scheda microcomputer, ora si potranno inserire questi due programmi e controllare il loro corretto funzionamento.

INTERRUTTORI

Possono essere collegati due principali tipi di interruttori: un pulsante (interruttore SPST) o un interruttore a due posizioni (SPDT). Il collegamento di un SPST è illustrato in Figura 4-11. Nel collegamento indicato l'interruttore è nello stato logico "1" quando il contatto è aperto e nello stato "0" quando è chiuso. Se si desidera l'opposto basta semplicemente invertire le polarità sui contatti dell'interruttore.

In Figura 4-12 è indicato il collegamento di un interruttore SPDT (interruttore a due posizioni). Il collegamento è diretto. Una delle posizioni del contatto è allo stato logico "0".

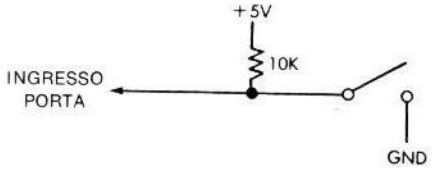


Figura 4-11: Collegamento di Un SPST

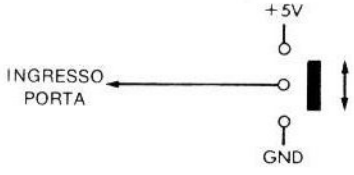


Figura 4-12: Collegamento di Un SPDT

Collegamento di Quattro Interruttori

Useremo le linee 1, 2, 3 e 4 della porta B del 6522 come quattro ingressi impiegati per rilevare lo stato degli interruttori esterni. Il circuito in esame appare in Figura 4-13. Esaminiamo il programma.

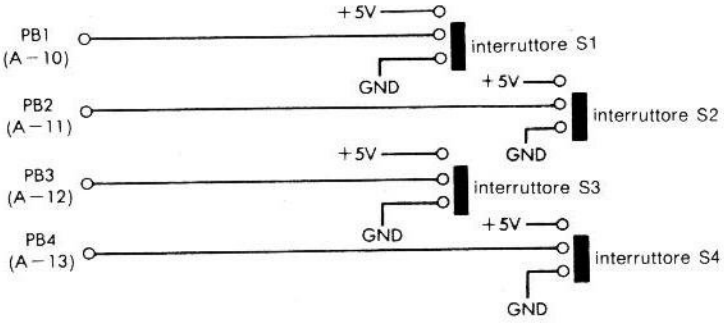


Figura 4-13: Collegamento di Quattro Interruttori SPDT al SYM

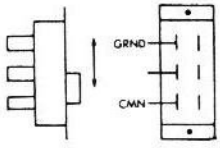


Figura 4-14: Un Interruttore SPDT

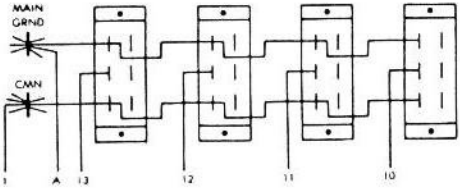


Figura 4-15: Particolare Collegamento per Quattro SPDT

L'Interfaccia Software

Dobbiamo innanzi tutto dare la configurazione di linee di ingresso alle linee PB1, PB2, PB3 e PB4 della Porta B. Questo lo si esegue caricando la maschera opportuna all'indirizzo "A002", il registro di direzione dati della Porta B.

```
LDA     #$E0      PONI I BIT 01234 COME INGRESSI
STA     $A002
```

Per condizionare le linee 0, 1, 2, 3, 4 come ingressi e le linee 5, 6 e 7 come uscite si usa la

maschera "E0" (le linee di uscita possono essere collegate a relé esterni). "E0" in esadecimale vale "11100000" in binario. Ogni "0" indica un ingresso. Ogni "1" indica un'uscita. Può anche essere usato "E1".

Ora leggeremo il valore di un interruttore e salteremo a una locazione di memoria specifica determinata da questo valore.

```
LDA     #SWITCHPTR   "02" PER S1, "04" PER S2, "08"
                     PER S3, "10" PER S4
BIT     $A000        A000 È L'INDIRIZZO
BEQ     ANY ADDRESS  SALTA ALL'INDIRIZZO INDICATO SE L'INTER-
                     RUTTORE ERA ZERO (OFF).
```

In alternativa, se si desidera saltare ad una specifica locazione di memoria se l'interruttore è "1" (ON), bisognerà sostituire l'istruzione BNE con la BEQ nell'ultima riga del programma.

Prova del Programma sulla scheda

Il codice esadecimale per il programma di cui sopra è il seguente:

```
A9      SWITCHPTR
2C      00 A0
FO      ANYADDRESS O "DO" ANYADDRESS
```

ALTOPARLANTE

Un altoparlante esterno può essere direttamente collegato a un pin di uno dei PIO. Spesso il pin 7 è il più potente ed è quindi impiegato allo scopo. Sul 6522 la polarità del segnale d'uscita di PB7, può essere controllata da uno dei timer d'intervallo interni. Il timer sarà usato per generare un tono di frequenza data. La posizione migliore per collegare l'altoparlante sarà quindi PB7. In Figura 4-16 è mostrato lo schema del collegamento.

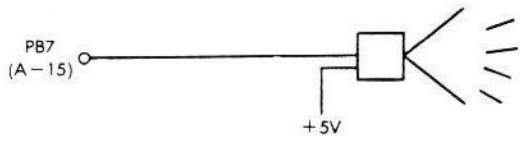


Figura 4-16: Collegamento dell'Altoparlante

Quando si usa l'uscita con buffer del SYM (6522#3), bisogna porre una resistenza in serie con l'altoparlante per limitare la corrente d'uscita. Invece di collegare l'altoparlante direttamente a un pin d'uscita del PIO, si può usare il circuito di Figura 4-17 per ottenere un suono più forte.

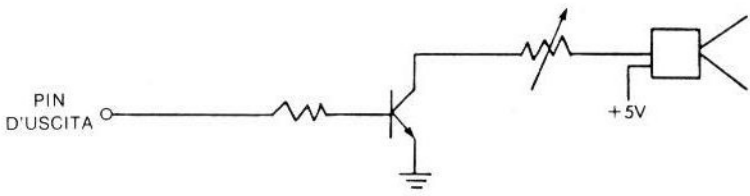


Figura 4-17: Realizzazione di un'Uscita più Alta

Attenzione: In Figura 4-17 è riportata una resistenza variabile per comodità. Ad ogni modo, se si pone a zero tale resistenza, probabilmente si brucerà e si distruggerà il corrispondente transistor d'uscita (ciò si usa anche sul SYM).

L'Interfaccia Software

Un suono con l'altoparlante può essere generato semplicemente accendendolo e spegnendolo alla frequenza desiderata. Il suono non sarà "pulito" come quello di uno strumento musicale dal momento che è stato generato con un'onda quadra. In ogni caso sarà sufficiente per le nostre esigenze e può chiaramente essere identificato dalla sua frequenza. Costruiremo ora un'applicazione pratica.

UN GENERATORE MORSE

Svilupperemo un programma in grado di generare un codice Morse corrispondente a ciascuna lettera dell'alfabeto. Il programma attiverà un altoparlante, cosicchè si potrà verificare che si sta generando il codice Morse adeguato. Inoltre, esso sarà in grado di accendere o spegnere un dispositivo esterno cosicchè il codice Morse potrà per esempio essere trasmesso su una rete di comunicazioni.

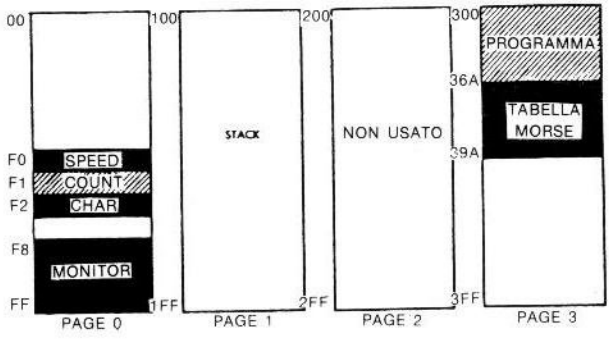


Figura 4-18: Assegnazione di Memoria per il Programma Morse

Le convenzioni usate in questo programma sono le seguenti: Il programma sarà memorizzato a Pagina 3 della RAM, cioè, inizierà alla locazione 300. Tale fatto è illustrato in Figura 4-18. Il programma contiene una tabella di equivalenza Morse che servirà per generare la maschera di bit giusta per ogni dato carattere ASCII. In seguito si mostrerà come viene generata questa tabella. Si fa l'ipotesi che il primo carattere da convertire in Morse sia contenuto nell'accumulatore alla partenza del programma.

La velocità di trasmissione sarà inoltre regolabile, tramite la variabile SPEED, memorizzata in Pagina 0 alla locazione di memoria F0 (vedi Figura 4-18). Ogni unità di tempo (quale, ad esempio, la durata di un tempo in codice Morse) è espressa internamente in millisecondi. Ponendo a 100 il valore della variabile "SPEED", si otterrà una durata di 1/10 di secondo.

Prima dell'inizio del programma, si suppone che CHAR e SPEED abbiano un contenuto valido e che l'accumulatore contenga il primo carattere che deve essere trasmesso. Una subroutine esterna potrà chiamare questa subroutine ripetitivamente, al fine di trasmettere una stringa di caratteri. È compito di questa subroutine depositare un carattere nell'accumulatore ogni volta che essa chiama il trasmettitore Morse.

Esaminiamo ora l'algoritmo impiegato per trasmettere il codice Morse.

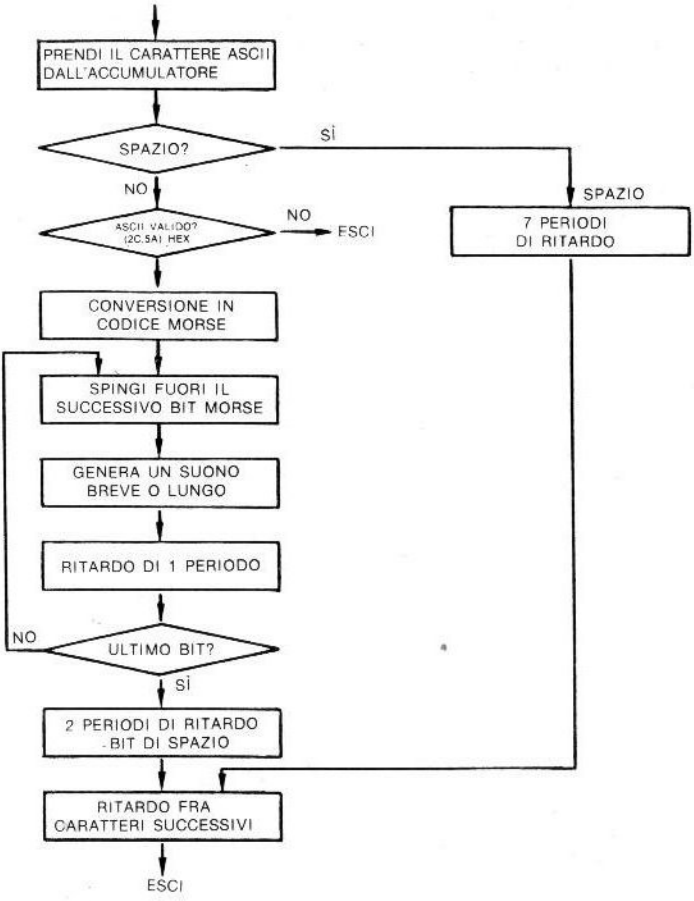


Figura 4-19: Diagramma di Flusso della Trasmissione Morse

Questo algoritmo è illustrato nel diagramma di flusso (flow-chart) di Figura 4-19. Il programma inizialmente controlla se c'è un carattere di spazio. Se lo trova, non genera alcun segnale per sette periodi, più il ritardo fra i caratteri successivi.

Si controlla poi che il carattere ASCII contenuto nell'accumulatore abbia un codice esadecimale valido. I codici consentiti devono essere compresi tra "2C" e "5A" in esadecimale (assumendo un codice ASCII a 7-bit). Altrimenti si ha come esito un errore. Dopo aver convalidato il codice del carattere, bisogna convertire il codice ASCII nel suo equivalente Morse. Tale tecnica sarà spiegata più avanti.

La codifica binaria del codice Morse consisterà in un bit di "START" (un "1"), seguito da uno "0" per un "." e un "1" per una "—". Tutti i bit non utilizzati all'interno della parola di 8 bit saranno posti a "0". Questa conversione sarà eseguita dal programma con una tabella di look-up (consultazione) descritta più avanti. Supponiamo ora che si sia ottenuta la conversione in binario del codice Morse. Bisogna generare la sequenza di toni. Il contenuto dell'accumulatore sarà sottoposto a uno shift fino a che non si trova START. Successivamente al riconoscimento del bit di START, ogni "0" sarà interpretato come "." ed ogni "1" sarà interpretato come "—" fino all'ottavo bit. Per ogni "0" si genererà un tono breve. Per ogni "1" si genererà un tono lungo.

Anche la generazione del tono sarà descritta in dettaglio più avanti.

Dopo la generazione di un tono corrispondente ad un bit, viene inserito un periodo di attesa e il bit successivo del codice Morse è controllato fino a che è stato trovato l'ultimo (ottavo). Dopo la trasmissione della sequenza di toni per un carattere Morse, vengono generati due periodi di ritardo. Questi corrispondono ai bit di "spazio" che sono normalmente inseriti alla fine della trasmissione di ogni carattere. Si genera poi un periodo di ritardo per separare i caratteri successivi.

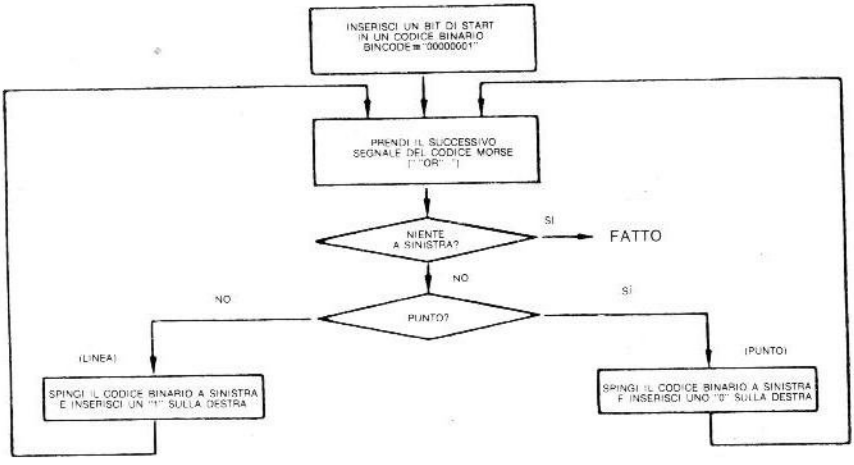


Figura 4-20: Conversione da Morse a Binario

La sequenza è illustrata in modo chiaro nel diagramma di flusso di Figura 4-20 e può essere verificato dal lettore. Esaminiamo ora in dettaglio i problemi specifici che non abbiamo ancora risolto.

Conversione da ASCII a Morse Binario

Vogliamo ora stabilire una tabella di corrispondenza fra i caratteri ASCII e la rappresentazione in binario del loro codice Morse. Spieghiamo ciò con un esempio.

Il carattere "B" ha il codice Morse "—...".

Ogni "—" sarà codificata con un "1" e ogni "." con uno "0". Il binario equivalente di "—..." è quindi "1000".

Inoltre, per convenzione, aggiungeremo un bit di START (un "1") sulla sinistra del codice che abbiamo appena generato. Il codice risultante a questo punto è: "11000". Infine ogni codice Morse in binario sarà contenuto in una parola a 8 bit. I rimanenti bit alla sinistra del bit di START saranno ora posti a zero. Il nostro codice finale a 8 bit è quindi: "00011000". In esadecimale il suo valore è "18".

La rappresentazione decimale della codifica binaria Morse di B è: "18".

La seguente tabella mostra come esempio gli esadecimali equivalenti di A, B, C, D. Una tabella completa di equivalenza per tutti i caratteri consentiti dal codice Morse, è riportata in Figura 4-22. L'algoritmo corrispondente alla tecnica appena descritta, è illustrato dal diagramma di flusso di Figura 4-23.

Abbiamo ora stabilito una tabella di equivalenza per tutti i caratteri ASCII. Tale tabella sarà chiamata "Tabella Morse" e sarà memorizzata alla fine del programma (vedi Figura 4-18).

Quando richiederemo il codice Morse equivalente di uno specifico carattere, accederemo adeguatamente alla tabella e vi troveremo il codice binario. Ciò sarà descritto più avanti quando discuteremo il programma in questione.

Lettera	ASCII	Morse	Binario	Esadecimale
A	41	. _	00000101	05
B	42	_ . . .	00011000	18
C	43	_ . _ .	00011010	1A
D	44	_ . .	00001100	0C

Figura 4-21: Conversione da ASCII a Morse

Carattere	Codice Morse	ASCII	Tabella dei valori in Esadecimale
,	_ _ . . _ _	2C	73
_	_ . . . . _	2D	31
.	. _ . _ . _	2E	55
/	_ . . _ .	2F	32
Ø	_ _ _ _ _	3Ø	3F
1	. _ _ _ _	31	2F
2	. . _ _ _	32	27
3	. . . _ _	33	23
4	. . . . _	34	21
5	. . . . .	35	2Ø
6	_	36	3Ø
7	_ _ . . .	37	38
8	_ _ _ . .	38	3C
9	_ _ _ _ .	39	3E
:	Definibili dall'utilizzatore	3A	Ø1
;	Definibili dall'utilizzatore	3B	Ø1
<	Definibili dall'utilizzatore	3C	Ø1
=	Definibili dall'utilizzatore	3D	Ø1
>	Definibili dall'utilizzatore	3E	Ø1
?	. . _ _ . .	3F	4C
	Definibili dall'utilizzatore	4Ø	Ø1
A	. _	41	Ø5
B	_ . . .	42	18
C	_ . _ .	43	1A
D	_ . .	44	ØC
E	.	45	Ø2
F	. . _ .	46	12
G	_ _ .	47	ØE
H	. . . .	48	1Ø
I	. .	49	Ø4
J	. _ _ _	4A	17
K	_ . _	4B	ØD
L	. _ . .	4C	14
M	_ _	4D	Ø7
N	_ .	4E	Ø6
O	_ _ _	4F	ØF
P	. _ _ .	50	16
Q	_ _ . _	51	1D
R	. _ .	52	ØA
S	. . .	53	Ø8
T	_	54	Ø3
U	. . _	55	Ø9
V	. . . _	56	11
W	. _ _	57	ØB
X	_ . . _	58	19
Y	_ . _ _	59	1B
Z	_ _ . .	5A	1C

Figura 4-22: Tabella delle Equivalenze Morse

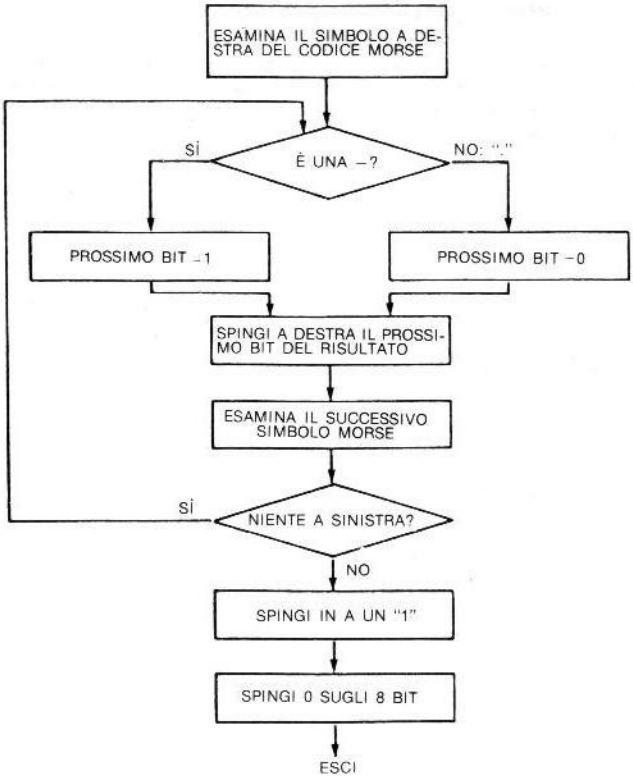


Figura 4-23: Diagramma di Flusso per la Generazione del Codice Morse in Esadecimale

Generazione di un Tono con il Timer

Il prossimo problema è quello di generare un tono di frequenza e durata stabilita. In questo caso useremo un timer.

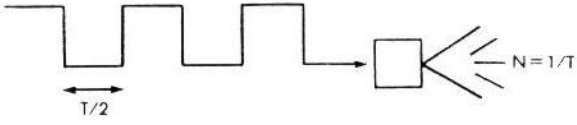


Figura 4-24: L'Onda Quadra Genera un Tono nell'Altoparlante

Il tono sarà generato inviando all'altoparlante un'onda quadra della frequenza richiesta. Ciò è illustrato in Figura 4-24. Il timer può essere usato per generare automaticamente questa forma d'onda. Per ottenere tale risultato posizioneremo il bit opportuno del registro di controllo

ACR (vedi Figura 4-25), poi controlleremo semplicemente la durata di questo tono o forma d'onda. Il diagramma di temporizzazione è riportato in Figura 4-26. Ø2 nella parte alta dell'illustrazione è la fase 2 del clock del sistema. Nella maggior parte dei sistemi 6502 standard il clock ha il periodo di un microsecondo. L'impulso generato con il timer viene fornito sul pin d'uscita PB7. Esso sarà almeno N + 1,5 sottocicli, dove N è il valore inserito nel contatore. Questo perchè il contatore del timer viene decrementato da N a 0 ed inverte la porta d'uscita con la successiva transizione alto-basso del clock. Tutto ciò è illustrato in Figura 4-26. Allo stesso istante viene anche generato un interrupt (IRQ), ma qui non sarà usato.

7 6	5	4 3 2	1	0
CONTROLLO T1	CON-TROL-LO T2	CONTROLLO REGISTRO DI SHIFT	PB ABILITAZIONE LATCH	PA ABILITAZIONE LATCH

Figura 4-25: Registro Ausiliario del 6522

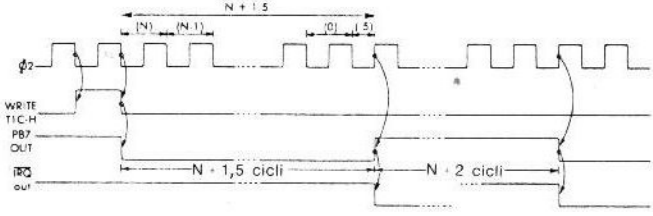


Figura 4-26: Diagramma di Temporizzazione per la Generazione del Tono

Per l'impiego del timer si deve, quindi, depositare un valore opportuno nel suo contatore. Non appena il contenuto del contatore viene inserito questo inizia la sua corsa. Dal momento che il contatore è un registro a 16 bit non può essere caricato dal microprocessore con un trasferimento di dato singolo. *Esso deve subire un latch.* Il timer è quindi munito di un latch interno a 16 bit chiamato T1L. La parte inferiore del latch è indicata con T1L-L mentre la parte superiore è indicata con T1L-H. Il valore N sarà inserito in T1L-L e T1L-H. A questo punto il contenuto a 16 bit è stato specificato ma non avviene nulla. Per far partire il timer bisognerà dare uno speciale ordine che trasferirà il contenuto del latch nel contatore attuale. Tale ordine è "scrivi T1C-H" che appare nella quarta riga di Figura 4-27:

```
LDA     #VALUE LO
STA       $A006     CARICA LA PARTE BASSA DEL LATCH
LDA     #VALUE HI
STA       $A007     CARICA LA PARTE ALTA DEL LATCH
STA       $A005     PONI LATCH=START
```

Figura 4-27: Programma per l'Impiego del Timer 1

Figura 4-28: Generazione di un Tono di Durata Stabilito con il Timer 1

La sequenza di eventi per l'impiego del timer è stata ora chiarita. Essa è descritta dal diagramma di flusso di Figura 4-28. Innanzi tutto metteremo l'apposito bit del registro di controllo ACR al valore richiesto. Il timer funziona nel modo "free-running" generando un'onda quadra su PB7. Ciò lo si ottiene ponendo i bit 6 e 7 di ACR a "0" e "1" (vedi Figura 4-29 e 4-30). Fatto ciò bisogna memorizzare nel latch l'apposito valore N. Poi tale valore sarà trasferito nel contatore per farlo partire. Questo sarà il momento in cui si inizia a generare il tono. Ogni volta che il contatore arriverà a zero, ricaricherà automaticamente il valore memorizzato nel suo registro di latch. Il timer genererà quindi da quel momento un'onda quadra con un semiperiodo pari a circa N + 2 (questo è approssimato a causa del fatto che la parte bassa dell'impulso, ha una durata pari a N + 1,5, mentre la parte superiore ha una durata di N + 2).

ACR 7 ABILITA-ZIONE USCITA	ACR 6 ABILITA-ZIONE FREE RUN	MODO
0	0 (ONE-SHOT)	Genera INT di time out quando è caricato T1 PB7 disabilitato.
0	1 (FREE RUN)	Genera INT continui PB7 disabilitato.
1	0 (ONE-SHOT)	Genera INT e impulso di uscita su PB7 ogni volta che è caricato T1. one-shot e larghezza d'impulso programmabile.
1	1 (FREE RUN)	Genera INT continui e onda quadra in uscita su PB7.

Figura 4-29: Selezione dei Modi del Timer con l'ACR del 6522

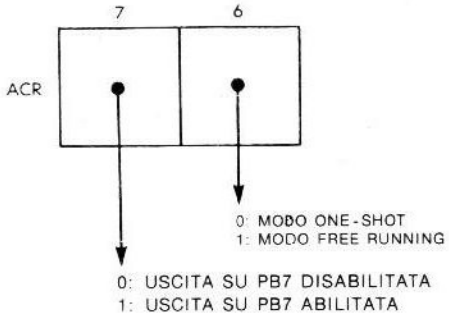


Figura 4-30: Bit 6 e 7 del ACR

```
LINE #LOC   CODE          LINE

0002  0000                ;QUESTA È UNA SUBROUTINE CHE ACCETTA I CARATT. ASCII
0003  0000                ;DA 2CH A 5AH (PIÙ 20H PER SPAZIO) E SUONA
0004  0000                ;IL COD. MORSE EQUIV. SU UN ALTOPARLANTE COLLEGATO A
0005  0000                ;PB7. 6522-025. INOLTRE ESSO COMMUTA ON-OFF PB0. 6522-
0006  0000                ;025 E, CON UN DRIVER, QUESTO BIT PUÒ AZIONARE UN
0007  0000                ;TRASMETTITORE. UN PROG. PRINC. CHIAMERÀ QUESTA SUB
0008  0000                ;CON IL CARATT. ASCII IN ACC.
0009  0000                ;ESEMPI SI POSSONO AVERE
0010  0000                ;ACCETTANDO INGRESSI DA UN TERMINALE PER AVERE IL CODICE MORSE
0011  0000                ;CON QUESTO PROGR. OPPURE GENERARE UN ORDINE CASUALE
0012  0000                ;DI CARATT. PER UN CODICE
0013  0000                ;IL FORMATO DEI CARATT. DEL COD. MORSE DELLA TABELLA
0014  0000                ;È: DA SINISTRA A DESTRA. IL PRIMO BIT
0015  0000                ;UGUALE AD 1 È IL BIT DI START ED OGNI
0016  0000                ;1 SEG. È UNA LINEA ED OGNI 0 UN PUNTO.
0017  0000                SPEED = $F0
0018  0000                COUNT = $F1
0019  0000                CHAR = $F2
0020  0000                      = $300
0021  0300: C9 20   MORSE CMP # $20          ;SE UNO SPAZIO, ESEGUI LA ROUTINE DI SPAZIO
0022  0302: F0 67         BEQ SPACE
0023  0304: C9 2C         CMP # $2C          ;VEDI SE IL CODICE ASCII
0024  0306: 90 4E         BCC EXIT           ;      È MINORE DI 2CH, E RITORNO SE COSÌ
0025  0308: C9 5B         CMP # $5B          ;VEDI SE IL CODICE ASCII È MAGGIORE
0026  030A: B0 4A         BCS EXIT           ;      DI 5AH E RITORNO SE COSÌ
0027  030C: AA            TAX                ;PONI IL CODICE NEL REGISTRO INDICE
0028  030D: BD45 03       LDA TABLE - $2C,X  ;ACCETTA IL CARATTERE MORSE
0029  0310: A0 08         LDY # $8           ;NUMERO DI BIT DA RUOTARE L'ACCUMULATORE
0030  0312: 84 F1         STY COUNT
0031  0314: 0A      STARTB ASL A
0032  0315: C6 F1         DEC COUNT
0033  0317: 90 FB         BCC STARTB         ;FA SCORRERE FINCHÉ NON TROVI IL BIT DI START
0034  0319: 85 F2         STA CHAR
0035  031B: A5 F2   NEXT  LDA CHAR
0036  031D: 0A            ASL A              ;ORA EMETTI IL CODICE MORSE (1 = LINEA, 0 = PUNTO)
0037  031E: 85 F2         STA CHAR
0038  0320: A0 01         LDY # $1           ;PUNTO = 1 PERIODO DI TEMPO, SALTA AL PUNTO
0039  0322: 90 02         BCC SEND           ;SE CARRY È 0, PUNTO
0040  0324: A0 03         LDY # $3           ;ALTRIMENTI LINEA (3 PERIODI DI TEMPO)
0041                ;QUESTA PARTE INVIA UN'USCITA ALTA PER N DI PERIODI DI TEMPO = (REG. Y) ED
0042                ;  UN'USCITA BASSA PER 1 PERIODO
0043  0326: A9 C0   SEND  LDA # $C0
0044  0328: 8D 0B A0      STA $A00B          ;PONI IL MODO DEL TIMER A FREE RUNNING PER
0045  032B: A9 00         LDA # $0           ;  QUESTO VALORE
0046  032D: 8D 06 A0      STA $A006
0047  0330: A9 04         LDA # $04          ;E QUESTO VALORE DETERMINA IL TONO
0048  0332: 8D 07 A0      STA $A007          ;  DELL'USCITA (CIRCA 1000 MHz)
0049  0335: 8D 05 A0      STA $A005          ;QUESTO FA PARTIRE IL TONO
0050  0338: A9 01         LDA # $1           ;PONI AD 1 IL BIT D'USCITA PB0
0051  033A: 8D 00 A0      STA $A000
0052  033D: 20 57 03      JSR DELAY          ;RITARDO PER UN PERIODO DI TEMPO
0053  0340: A9 00         LDA # $0
0054  0342: 8D 0B A0      STA $A00B          ;PONI A 0 TONE
0055  0345: 8D 00 A0      STA $A000          ;PONE A 0 IL BIT D'USCITA (PB0)
```

Figura 4-31: Il Programma Morse (Listing completo in Appendice C)

```
0056  0348: A0 01          LDY #$01
0057  034A: 20 57 03       JSR DELAY        ;RITARDO PER 1 PERIODO DI TEMPO (SPAZIO TRA ELEMENTI)
0058  034D: C6 F1          DEC COUNT        ;DECREMENTA CONTEGGIO - VEDI SE SONO RUOTATI 8 BIT
0059  034F: D0 CA          BNE NEXT         ;SE NO ESEGUI UN ALTRO ELEMENTO
0060  0351: A0 02   FINISH LDY #$2          ;RITARDO PER 3 PERIODI TEMPO (2 QUI PIÙ LO SPAZIO
0061  0353: 20 57 03       JSR DELAY        ;  ALLA FINE DELL'ULTIMO ELEMENTO)
0062  0356: 60      EXIT   RTS
0063                ; RITARDO PER (REG. Y) * SPEED * 0,005 SEC
0064  0357: 98      DELAY  TYA
0065  0358: 0A             ASL A
0066  0359: 0A             ASL A
0067  035A: A8             TAY
0068  035B: A5 F0   D3     LDA SPEED
0069  035D: A2 FA   D2     LDX #$FA
0070  035F: CA      D1     DEX
0071  0360: D0 FD          BNE D1
0072  0362: 38             SEC
0073  0363: E9 01          SBC #$1
0074  0365: D0 F6          BNE D2           ;RITARDO PER 7 PERIODI DI TEMPO
0075  0367: 88             DEY              ;  (SPAZIO TRA PAROLE)
0076  0368: D0 F1          BNE D3           ;RITORNO DAL PROGRAMMA MORSE
0077  036A: 60             RTS
0077  036B: A0 07   SPACE  LDY #$7
0077  036D: 20 57 03       JSR DELAY
0077  0370: 60             RTS
0077  0371: 73      TABLE  .BYTE $73, $31, $6A, $32, $3F, $2F
0077  0372: 31
0078  0373: 6A
0078  0374: 32
0078  0375: 3F
0078  0376: 2F
0078  0377: 27             .BYTE $27, $23, $21, $20, $30, $38
0078  0378: 23
0079  0379: 21
0079  037A: 20
0079  037B: 30
0079  037C: 38
0079  037D: 3C             .BYTE $3C, $3E, $01, $01, $01, $01
0079  037E: 3E
0080  037F: 01
0080  0380: 01
0080  0381: 01
0080  0382: 01             .BYTE $01, $4C, $01, $05, $18, $1A
0080  0383: 01
0080  0384: 4C
0081  0385: 01
0081  0386: 05
0081  0387: 18
0081  0388: 1A
0081  0389: 0C             .BYTE $0C, $02, $12, $0E, $10, $04
0081  038A: 02
0082  038B: 12
0082  038C: 0E
0082  038D: 10
0082  038E: 04
0082  038F: 17             .BYTE $17, $0D, $14, $07, $06, $0F
0082  0390: 0D
0083  0391: 14
0083  0392: 07
0083  0393: 06
0083  0394: 0F
0083  0395: 16             .BYTE $16, $1D, $0A, $08, $03, $09
0083  0396: 1D
0084  0397: 0A
0084  0398: 08
0084  0399: 03
0084  039A: 09
0084  039B: 11             .BYTE $11, $0B, $19, $1B, $1C
0085  039C: 0B
0085  039D: 19
0085  039E: 1B
0085  039F: 1C
```

SYMBOL TABLE:

SPEED	00F0	COUNT	00F1	CHAR	00F2
MORSE	0300	STARTR	0314	NEXT	031B
SEND	0326	FINISH	0351	EXIT	0356
DELAY	0357	D3	035B	D2	035D
D1	035F	SPACE	036B	TABLE	0371

Figura 4-31: Il Programma Morse (Continua)

Il tono deve agire durante un periodo chiamato "DELAY". La durata di questo ritardo può essere ottenuta tramite tecniche hardware o software. Infine il tono deve essere spento quando si è raggiunto il ritardo richiesto. Ciò lo si esegue ponendo a "0" il bit 7 di ACR.

Il lettore può fare riferimento al flow-chart di Figura 4-28 per la comprensione della sequenza di azioni necessarie per l'uso del timer. L'implementazione attuale sarà presentata in seguito con il programma.

Il Programma Morse

Seguiremo qui il flow-chart che è stato presentato in Figura 4-19 e svilupperemo il corrispondente programma. In tale programma saranno usate un certo numero di tecniche specifiche:

Indirizzamento indicizzato sarà usato per richiamare la codifica in binario del codice Morse di un dato carattere ASCII.

Il timer hardware sarà usato per generare un tono di frequenza fissata. Sarà implementato un ritardo software per regolare la durata del tono.

Loop nested (cicli annidati) saranno usati per implementare una moltiplicazione nel loop di ritardo.

Esaminiamo ora il programma. Esso presuppone che l'accumulatore sia stato caricato con il valore del carattere ASCII che deve essere trasmesso in codice Morse (vedere la mappa di memoria di Figura 4-18). Per avere flessibilità, la velocità di trasmissione è regolabile. Essa è espressa in unità di 1 millisecondo (0,001 secondi). La variabile "SPEED" nella locazione di memoria "00FA" deve essere decisa prima di entrare in questo programma. Per esempio, se "SPEED" è posta al valore 1000, la durata di un "." sarà 1000 x 0,001 = 1 secondo. Il programma risiederà a Pagina 3, con inizio all'indirizzo "0300" esadecimale.

L'inizio del programma è:

```
SPEED  =  $00F0
COUNT  =  $00F1
CHAR   =  $00F2
*      =  $0300
```

Le prime quattro linee sono istruzioni assembler. Le prime tre istruzioni assegnano rispettivamente gli indirizzi di memoria 00F0, 00F1, 00F2 a SPEED, COUNT e CHAR. La quarta istruzione, indica essere 0300, esadecimale, il valore del pseudo contatore-indirizzo, cioè, indica che la prima istruzione eseguibile nel programma sarà posta all'indirizzo di memoria 0300.

Si deve innanzi tutto controllare che il carattere nell'accumulatore sia un codice consentito. Ciò è compiuto con le seguenti istruzioni:

```
MORSE   CMP   #$20    È UN CODICE DI SPAZIO?
        BEQ   SPACE
        CMP   #$2C    ERRORE SE MINORE DI 2C
        BCC   EXIT
        CMP   #$5B    O MAGGIORE DI 5B
        BCS   EXIT
```

Le prime due linee controllano se il carattere nell'accumulatore è un carattere di "spazio" (20 esadecimale). Se il controllo dà risultato affermativo, viene introdotto un ritardo di sette periodi seguito dal normale ritardo fra due caratteri.

Le successive quattro istruzioni verificano che il codice ASCII sia compreso fra "2C" e "5A". Questo è il campo dei caratteri ASCII validi per la trasmissione Morse. Se si trova un carattere non consentito, si è rilevato un errore, si ha un salto alla locazione "EXIT". Allo scopo di mantenere il programma semplice ed educativo, non viene fatta nessuna azione specifica, alla locazione EXIT, per segnalare l'errore. Il lettore è incoraggiato (per esercizio) ad aggiungere i-

struzioni specifiche alla locazione EXIT, le quali segnalino il carattere sbagliato trovato nell'accumulatore. In questo programma il carattere sbagliato non viene semplicemente trasmesso.

Non appena si trova, in accumulatore, un carattere ASCII consentito, esso deve essere convertito in codice binario, il quale sarà usato per generare una sequenza di suoni. Il codice Morse binario corrispondente a ogni possibile carattere ASCII, è memorizzato alla fine del programma, dalla locazione di memoria 36B alla locazione 399. Noi dovremo recuperare il primo della tabella per il carattere ASCII 2C, il successivo della tabella per il successivo nella sequenza di caratteri ASCII e così via. Questo è un caso tipico in cui è desiderabile usare *l'indirizzamento indicizzato.* Comunque qui sorge un altro problema: i caratteri ASCII sono numerati da 2C in avanti, invece che da "0" o da "1". La soluzione è abbastanza semplice ed appare di seguito:

```
        TAX
        LDA     TABLE-$2C, X
```

L'ASCII è trasferito nel registro indice X, cosicchè può essere usato come offset (fuori zero). Per tener conto del fatto che i caratteri sono numerati da 2C in avanti, si indica semplicemente l'inizio della tabella non all'indirizzo reale 36B, ma all'indirizzo della tabella meno 2C (esadecimale). Il codice binario può poi essere caricato nell'accumulatore con un semplice accesso indicizzato alla memoria (vedi Figura 4-32).

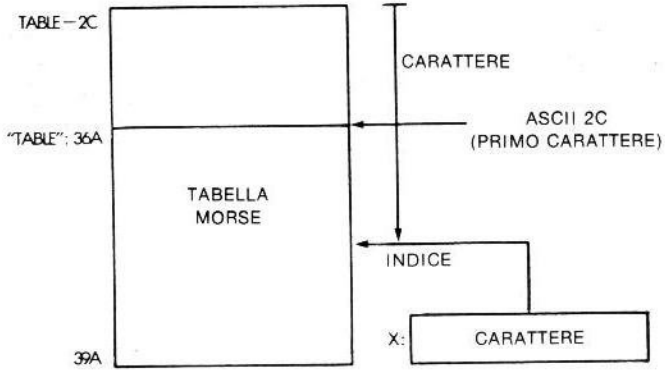


Figura 4-32: Impiego dell'Indirizzamento Indicizzato per Richiamare il Codice Morse

Il nostro codice Morse binario è ora nell'accumulatore. Ricordiamo che tale codice contiene un 1 iniziale, che è il bit START, seguito da 0 e 1 che rappresentano le linee ed i punti. Ogni bit non usato alla sinistra dello START, viene messo a 0. Il contenuto dell'accumulatore subirà, quindi, uno shift a sinistra fino a che non si trova il bit di START, poi i bit "reali", corrispondenti a linee o punti, vengono usati per generare suoni. Il programma è il seguente:

```
        LDY     #$08        NUMERO DI BIT DA RUOTARE DA A
        STY     COUNT
STARTB  ASL     A
        DEC     COUNT
        BCC     STARTB      SHIFT SU A FINO A TROVARE IL BIT START
        STA     CHAR
```

```
NEXT    LDA     CHAR
        ASL     A       SHIFT DEL CODICE MORSE (1 = LINEA, 0 = PUN-
                        TO)
        STA     CHAR    PUNTO = 1 INTERVALLO, MANCANZA A PUNTO
        LDY     #$01
        BCC     SEND    SE IL CARRY 0, PUNTO
        LDY     #$03    ANCHE LINEA (TRE INTERVALLI)
```

Il registro indice Y potrà normalmente essere usato come un contatore, con lo scopo di fermare i successivi shift a sinistra di A, una volta che sono stati portati fuori 8 bit. In ogni caso, la routine SEND, che genererà il suono, richiede che il registro Y sia caricato con la durata del suono che deve essere prodotto. Si può quindi non usare il registro indice Y per portare fuori i bit. L'altra idea che viene in mente, è di riutilizzare il registro indice X, il quale ora è disponibile. Sfortunatamente, le nostre convenzioni in questo programma sono che la routine DELAY, impieghi il registro indice X. Dal momento che nessuno dei due registri è disponibile per un contatore, useremo una locazione di memoria. Tale, è la locazione COUNT. Un'importante considerazione è, che quando scriviamo il programma, dobbiamo avere ben codificato questa parte, prima di codificare la routine SEND o DELAY. In tal caso avremo probabilmente usato i registri indice X o Y, per memorizzare il numero di bit che devono subire lo shift nell'accumulatore. Più tardi potremmo scoprire di avere la necessità di usare quegli stessi registri nella routine SEND o DELAY. Questo accade quando si dà alla programmazione la massima importanza. Se si scopre che altre routine richiedono l'impiego di X e Y, bisogna tornare indietro alla codifica e cambiare le scelte nel programma che precede, usando una locazione di memoria indicata con COUNT invece di un registro. Il dimenticarsi quanto sopra è sfortunatamente un errore classico. In tal caso, infatti, si distruggerebbe accidentalmente il contenuto dei registri X e Y, provocando un grave errore di programmazione. Come regola si raccomanda, quindi, vivamente di *scrivere esplicitamente nei commenti e all'inizio di ogni routine quali registri vengono cambiati o distrutti da quella routine.* Le convenzioni per la comunicazione e il passaggio d'informazioni fra subroutine e segmenti di programma, dovranno essere completamente chiari prima della scrittura di una nuova routine.

	INDIRIZZO	SCRITTURA	LETTURA
TIMER 1	- - 04	T1L-L	T1C-L/ + azzera il flag di int di T1
	- - 05	T1L-H + T1C-H + T1 L-L ►T1C-L + azzera il flag di int di T1	T1C-H
	- - 06	T1L-L	T1L-L
	- - 07	T1L-H + azzera il flag di int di T1	T1L-H
TIMER 2	- - 08	T2L-L	T2C-C + azzera il flag di int di T2
	- - 09	T2C-H T2L-L ►T2CL + azzera il flag di int di T2	T2C-H

Figura 4-33: Mappa di Memoria per il Timer 1

Gli zeri più a sinistra nell'accumulatore sono ignorati e il suo contenuto è spinto fuori fino a che non si trova il bit di START. Una volta che il bit START è stato trovato ogni bit spinto fuori sulla sinistra dell'accumulatore, rappresenta un "." o una "—" in funzione del fatto che sia "0" o "1". Non appena il bit spinto fuori, con lo shift, dall'accumulatore è stato identificato si andrà alla locazione SEND per generare il tono corrispondente. Poiché il contenuto dell'accumulatore sarà cambiato dalle successive elaborazioni, esso deve essere conservato in memoria prima di andare alla locazione SEND. Questa è la funzione della seconda istruzione STA CHAR. Avendo conservato il contenuto dell'accumulatore nella locazione di memoria CHAR, il Registro Indice Y è caricato con la durata corrispondente al bit appena rilevato nell'accumulatore: un "1" se era un punto, un "3" se era una linea. La funzione di STA CHAR, seguita da LDA CHAR, che sembra inutile, è generata dal vincolo di voler rientrare in questo programma a "NEXT" con l'istruzione LDA CHAR.

La Routine SEND

La routine SEND fa uso del timer 1 del 6522 per generare il tono di frequenza fissata. La mappa di memoria del timer è riportata in Figura 4-33. Il timer deve prima essere posto nel modo free-running. Questo lo si ottiene nel seguente modo:

```
SEND    LDA     #$C0
        STA     #A00B
```

Il valore C0 è inserito all'indirizzo A00B il quale è l'ACR o Registro di Controllo. Tale valore pone ad "1" i bit 6 e 7 come richiesto dal timer (vedere Figura 4-29 per i dettagli). Si inserisce poi il valore 0400 esadecimale agli indirizzi di memoria A006, A007:

```
        LDA     #$00
        STA     $A006
        LDA     #$04
        STA     $A007
```

Queste locazioni di memoria sono rispettivamente la parte bassa e la parte alta di T1L o latch. Ciò impone la frequenza del tono che si deve generare. 0400 in binario vale: 00000100 00000000 o 1024. Un semiperiodo del clock è approssimativamente N + 2 o 1026. Il periodo vale quindi:

T = 2052 microsecondi
e la frequenza è N = 1 ÷ T = approssimativamente 500 Hz

Dobbiamo ora far partire il tono e fermarlo dopo il periodo specificato. L'inizio si ha con:

```
        STA     $A005
```

Questa istruzione trasferisce i contenuti del latch nel contatore ed avvia la forma d'onda esterna. Abbiamo fatto notare che questo programma pone "on" anche "manualmente" PB0, cosicché un dispositivo esterno quale un trasmettitore, può essere attivato contemporaneamente alla generazione del tono nell'altoparlante. Questo lo si ottiene con:

```
        LDA     #$01
        STA     $A000
```

Si suppone che PB0 sia stato configurato come uscita, prima dell'esecuzione del programma.

La durata del tono è ottenuta dalla subroutine DELAY: JSR DELAY. La esamineremo di seguito. Una volta ottenuta la durata richiesta, il tono deve essere spento. Ciò si ottiene come segue:

```
        LDA     #$00
        STA     $A00B       SPEGNI IL TONO
        STA     $A000       SPEGNI IL BIT D'USCITA (PB0)
```

Infine dobbiamo lasciare un'unità di silenzio fra due toni.
Questo è ottenuto con le istruzioni:

```
        LDY     #$01
        JSR     DELAY       1-PERIODO DI RITARDO
```

Alla fine, dobbiamo decrementare il nostro contatore di bit, posto alla locazione di memoria COUNT, per controllare se nessun altro bit deve subire shift nell'accumulatore. Lo si ottiene con:

```
        DEC     COUNT       SONO STATI FATTI 8 BIT?
        BNE     NEXT        SE NO, TORNA INDIETRO
```

Una volta trasmesso un carattere completo, devono essere inserite due unità di ritardo, per separare questo carattere dal successivo. Allo scopo si ha:

```
FINISH  LDY     #$02
        JSR     DELAY
EXIT    RTS
```

La Subroutine DELAY

Questa subroutine implementa un ritardo di: (contenuto del Registro Y) × (SPEED) × 0,001 secondi. Il ritardo sarà quindi calcolato come il prodotto di tre termini. Sarà qui usata una speciale tecnica di loop nidificati per ottenere una moltiplicazione classica. La routine è riportata di seguito:

```
DELAY   LDA     SPEED
D2      LDX     #$FA
D1      DEX
        BNE     D1
        SEC
        SBC     #$01
        BNE     D2
        DEY
        BNE     DELAY
        RTS
```

Il diagramma di flusso corrispondente compare in Figura 4-34.

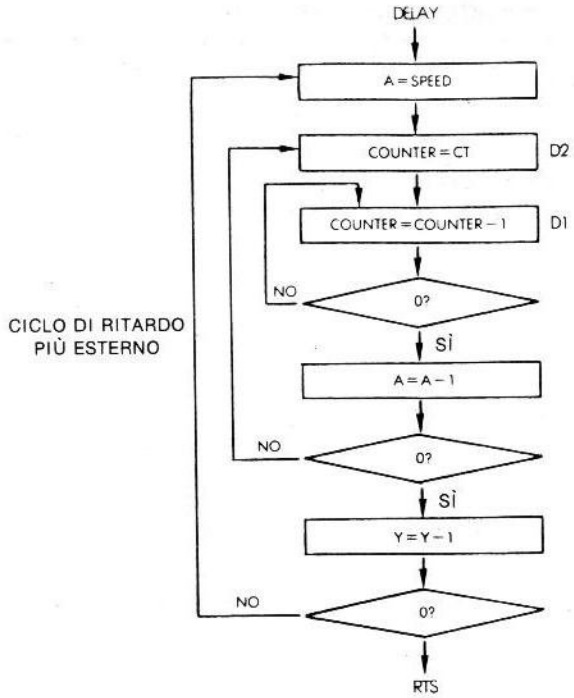


Figura 4-34: Diagramma di flusso per il Ritardo

Il primo loop di ritardo è quello corrispondente a D1. Calcoliamo la sua durata (fra parentesi è riportato il tempo di ogni istruzione):

```
(3)     LDA     SPEED
(2)     LDX     #$C6        C6  ESADEC  = 198 DECIMALE
(2)     DEX
(3)     BNE     D1
```

La durata del ritardo introdotto da queste prime quattro istruzioni del programma è: 3 + 2 + (2 + 3) × 198 = 995 microsecondi. Le successive due istruzioni sono:

```
(2)     SEC
(2)     SBC     #$01
```

La loro durata è di due microsecondi ognuna. Queste due istruzioni aggiungono, quindi, un ritardo di 4 microsecondi. Esse sono usate per sottrarre 1 al contenuto dell'accumulatore. Questo poiché entrambi i Registri Indice X e Y sono già stati usati, in questo programma, come contatori, cosicché l'accumulatore deve essere usato come terzo contatore. Sfortunatamente non c'è un'istruzione di decremento che operi direttamente sull'accumulatore, deve quindi essere usata un'istruzione di sottrazione. Il lettore ricorderà che il carry deve essere posto ad "1" prima di una sottrazione. Questa è la funzione dell'istruzione SEC prima della SBC. L'istruzione successiva è:

```
(2/3)   BNE     D2
```

Questo è un loop con un ritardo di un secondo. Ogni volta che il branch (diramazione) è verificato richiede 3 microsecondi e quando non si verifica richiede 2 microsecondi. Il ritardo totale dalla entrata al punto DELAY a questo punto della subroutine è quindi 995 + 7 = 1002 microsecondi = 1 millisecondo.

Si genererà un ritardo di 1 millisecondo ogni volta che si esegue il loop D2. Poiché D2 contiene il valore di SPEED, questi due loop realizzano un ritardo di SPEED × 0,001 secondi, che è quanto si voleva. Una volta raggiunto il ritardo totale di SPEED × 0,001 secondi, si esegue un ulteriore loop usando il registro Y:

```
DEY
BNE        DELAY
RTS
```

Tale loop finale moltiplica i ritardi precedenti per il valore contenuto nel Registro Y. A questo punto si è ottenuto il ritardo totale desiderato Y × SPEED × 0,001 secondi e si esegue un return (RTS).

Impiego del programma. Allo scopo di usare questo programma, si suggerisce di scegliere una bassa velocità di trasmissione iniziale, a meno che non si abbia familiarità con il codice Morse e di generare un solo carattere alla volta. Una volta constatato che il programma lavora correttamente, si potrà scrivere una breve subroutine che fornirà i caratteri al programma Morse. Si potrà poi verificare che la trasmissione Morse proceda correttamente per ogni stringa di caratteri.

ESERCIZIO 4-2: *Scrivere una subroutine che fornisca al programma una stringa di N caratteri contenuti in una tabella con inizio all'indirizzo TABLE.*

ESERCIZIO 4-3: *Leggere la tastiera e generare i corrispondenti segnali Morse.*

OROLOGIO

Svilupperemo qui una routine per la misura del tempo quotidiano (Time of Day clock) che conserva in tre locazioni di memoria il tempo in ore, minuti e secondi. Se si desidera, questo programma può velocemente essere esteso alla memorizzazione di frazioni di secondi, od ogni altra unità di tempo desiderata. La mappa di memoria di questo programma è riportata in Figura 4-35. Come al solito, le locazioni di memoria in Pagina 0 (zero) sono riservate alle variabili. Le ore, i minuti, i secondi, sono memorizzati rispettivamente alle locazioni di memoria 00F4 (esadecimale), 00F5, 00F6. Si usa un'ulteriore locazione: 00F7 che contiene la variabile COUNT.

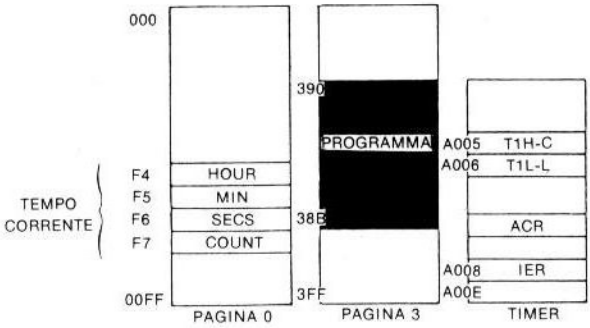


Figura 4-35: Mappa di Memoria dell'Ora

Per far partire l'orologio, il programma deve essere scritto, poi bisogna inserire nelle locazioni SECS, MIN, HOUR il tempo delle correnti 24 ore più un minuto.

Bisogna poi inserire A7 nella locazione A67E (per SYM) e 03 nella locazione A67F. Questo è un vettore di interrupt la cui funzione sarà spiegata più avanti. Infine bisogna inserire "GO 0390"; poi all'ora esatta che è stata inserita in SECS, MIN, HOUR premere "CR".

L'ora esatta sarà, da quell'istante, conservata in SECS, MIN, HOUR.

La variabile COUNT memorizza unità di 20-esimi di secondo. Essa è posta inizialmente al valore 20, poi è decrementata ogni 20-esimo di secondo. Il segnale per il decremento è un interrupt hardware generato da un timer contenuto nel 6522. Il diagramma di flusso del programma appare in Figura 4-36. La prima fase è quella di inizializzazione, dove il timer è caricato con l'opportuno valore del contatore, per generare un interrupt dopo 50 millisecondi (1/20-esimo di secondo). La variabile COUNT è inizializzata al valore 20 e il timer è fatto partire.

Quando il timer è arrivato a fine conteggio si è raggiunto 1/20-esimo di secondo e viene generato un interrupt. Alla ricezione di un interrupt, il microprocessore conserva i propri registri, ricarica il registro del contatore del timer, con la costante opportuna, per la generazione di un altro interrupt 50 millisecondi dopo, quindi fa ripartire il timer. La locazione di memoria COUNT sarà decrementata, dal momento che si è raggiunto 1/20-esimo di secondo. Il valore di questa locazione sarà confrontato con il valore "0". Se non è "0" si ha l'uscita da questa routine. Quando COUNT raggiunge "0" essa è riportata al valore "20" e la locazione di memoria SECS (il numero di secondi) è incrementato di 1.

Ogni volta che SECS è incrementato di 1, il suo valore viene confrontato con "60". Se si è raggiunto il valore "60", SECS deve essere posto a "0" e MIN (il numero di minuti) deve essere incrementato. Allo stesso modo MIN deve essere confrontato con "60". Se MIN ha raggiunto "60" esso deve essere posto a "0" e si deve incrementare il numero delle ore. Se il numero di ore raggiunge 24 esso è riportato a "0". Si ha poi l'uscita da questa routine. Il programma rimarrà inattivo fino alla ricezione dell'interrupt successivo. Allo scopo di mettere su display il contenuto di questo time-of-day-clock, l'utilizzatore deve semplicemente esaminare il contenuto delle locazioni di memoria F4, F5 e F6. Si può anche scrivere una routine per porre automaticamente su display il valore di quelle locazioni di memoria.

Il programma compare in Figura 4-37 e si spiega da solo.

Il primo tratto di programma è relativo alla inizializzazione INIT, che pone la variabile COUNT al valore "20" decimale = "14" esadecimale. Esso carica anche il timer con l'opportuno valore per generare un ritardo di 50 millisecondi. In Figura 4-35 è riportata la mappa di memoria per il timer. Si impiega il timer 1 del 6522.

La tabella che indica i bit per il condizionamento di questo dispositivo, appare in Figura 4-25 e 4-29. Il suddetto timer può essere usato sia in modo one-shot che in quello free-running. In one-shot, sarà generato un solo interrupt (e possibilmente un impulso d'uscita su PB7), ogni volta che il contatore interno del timer, arriva a 0 (zero). In free-running, il contatore sarà automaticamente ricaricato dal latch interno e saranno generati interrupt continuamente (e possibilmente un impulso su PB7). Poiché il pin d'uscita PB7 non è usato in questa applicazione, il bit 7 di ACR (registro di controllo ausiliario), sarà posto a "0". C'è quindi da scegliere fra il modo one-shot e il modo free-running. Nel one-shot il contatore deve essere ricaricato ogni volta che si genera interrupt. Nel free-running il contatore del timer sarà ricaricato automaticamente dal suo latch. Ad ogni modo, il flag di interrupt deve essere azzerato direttamente scrivendo in T1C-H oppure, modificando il flag stesso. Le due soluzioni sono essenzialmente identiche in termini di sforzi di programmazione. Il modo free-running può fornire una più accurata misura del tempo, dal momento che il timer passa continuamente e automaticamente dal valore "0" al valore corrispondente al ritardo di 50 millisecondi. Poiché nel programma Morse si è usato il modo free-running, qui impiegheremo in one-shot. Si suggerisce al lettore di sperimentare, per esercizio, l'impiego del metodo alternativo. L'impiego nel modo one-shot è specificato ponen-

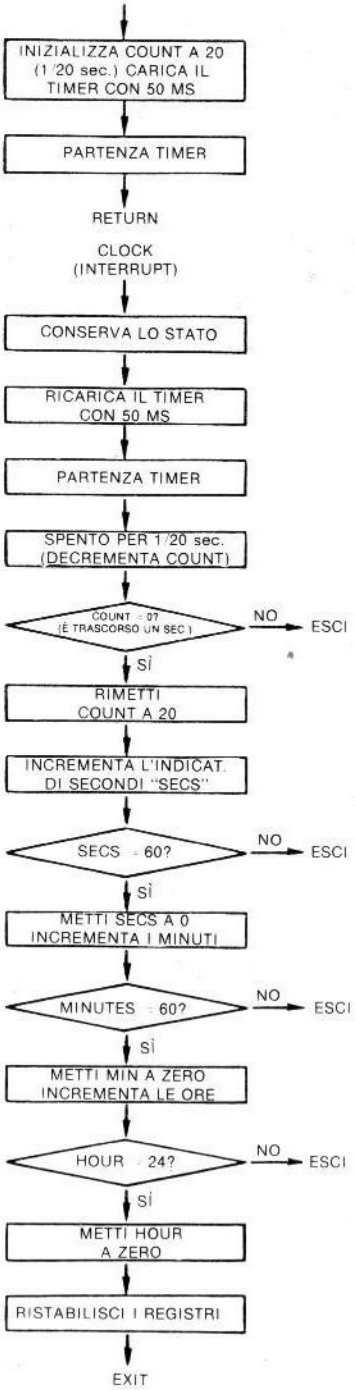


Figura 4-36: Orologio per l'Ora del Giorno

do il bit ACR6 a "0". Tutti gli altri bit del registro ACR, che qui non sono usati, vengono posti a "0". I bit 7 e 8 di ACR vengono posti a "0" per indicare il modo one-shot con PB7 disabilitato.

Inoltre, bisogna condizionare opportunamente il registro dei flag di interrup. Quando viene letto, tale registro è analizzato come un Registro Dei Flag di Interrupt, IFR. Quando si scrive nel suddetto registro, esso viene chiamato Registro Enable Interrupt, IER. Allo scopo di posizionare i bit specifici di IER, bisogna mettere ad 1 il bit 7 di IER. Per ogni "1" indicato nelle diverse locazioni del registro, da 0 fino a 6, sarà scritto un 1 nel registro, abilitando la relativa condizione. Uno "0" in ogni posizione di bit, non cancella la posizione di bit specificata nel registro IER, ma lascia invariato il contenuto. L'azzeramento è ottenuto imponendo "0" nel bit di posizione 7, poi inserendo "1" per ogni posizione di bit che deve essere cancellata. Nel nostro caso, si vuole abilitare semplicemente un interrupt dal timer T1. Scriveremo quindi il valore "11000000", o "C0" in esadecimale, nella locazione di memoria corrispondente a IER (Vedere Capitolo 2 per i dettagli).

```
LINE #LOC  CODE        LINE

                  ;CARICA PRELIM. A7 NELLA LOC. A67E E 03 IN A07F
0002  0000        ;QUESTA È UNA ROUTINE DI OROLOGIO IN TEMPO REALE
0003  0000        ;CHE CONSERVA IL TEMPO CORRENTE ALLE LOC. SEC (00F6), MIN
0004  0000        ;(005F) ED HOUR (00F4). ESSA È INTERROTTA
0005  0000        ;DA FINE TEMPO O INTERRUPT TIMER, CHE
0006  0000        ;CAUSA UN INTERRUPT E SALTA ALLA ROUTINE
0007  0000        ;DELL'OROLOGIO 20 VOLTE AL SECONDO. LA ROUTINE DELL'OROLOGIO
0008  0000        ;ED IL TIMER DELL'INTERVALLO DEVONO PRIMA ESSERE INIZ.
0009  0000        ;QUESTO VIENE ESEGUITO DAL COD. 'INIT' E SI DEVE SALTARE
0010  0000        ;ALL'INIZIO PER INIZIALIZZ.. INTRODURRE IL TEMPO ATTUALE
0011  0000        ;LA ROUTINE PARTIRÀ A SEC, MIN ED
                  ;HOUR INVIANDO IL COMANDO 'GO 0390 CR'
                  ;NON OCCORRE FARE ALTRO
0012  0000        COUNT = $00F7      ;CONTATORE PER VENTESIMI DI SECONDO
0013  0000        SECS = $00F6       ;TEMPO CORRENTE
0014  0000        MIN = $00F5
0015  0000        HOUR = $00F4
0016  0000        ACR = $A00B        ;REGISTRO TIMER MODE
0017  0000        T1LL = $A006       ;COSTANTE DEL TIMER DI BASSO ORDINE
0018  0000        T1HC = $A005       ;COSTANTE DEL TIMER DI ORDINE ELEVATO
0019  0000              *= $0390
0020  0390  A9 14  INIT  LDA #$14     ;POSIZIONATI AI PRIMI VENTI
0021  0392  85 F7       STA COUNT     ;CONTEGGI
0022  0394  8D 0B A0    STA ACR       ;PONI A 0 IN ACR 1
                                      ;BIT 7 ED 8
0023  0397  A9 C0       LDA #$C0      ;PONI AD 1 I BIT 8 E 7
0024  0399  8D 0E A0    STA $A00E     ;NEL REGISTRO DI ABILITAZIONE
                                      ;INTERRUPT (PER ABILITARE
                                      ;GLI INTERRUPT DAL TIMER 1)
0025  039C  A9 50       LDA #$50      ;MEMORIZZA C350 NEL TIMER
0026  039E  8D 06 A0    STA T1LL      ;  (COSTANTE DI RITARDO
0027  03A1  A9 C3       LDA #$C3      ;  PER 50 MS)
0028  03A3  8D 05 A0    STA T1HC      ;QUESTO AVVIA IL TIMER
0029  03A6  60          RTS           ;RITORNA AL MONITOR
0030  03A7  08    CLOCK PHP           ;SALVA LO STATO
0031  03A8  48          PHA
0032  03A9  F8          SED
0033  03AA  A9 50       LDA #$50      ;MEMORIZZA C350 NEL TIMER
0034  03AC  8D 06 A0    STA T1LL      ;  (COSTANTE DI RITARDO
0035  03AF  A9 C3       LDA #$C3      ;  PER 50 MS)
0036  03B1  8D 05 A0    STA T1HC      ;QUESTO AVVIA IL TIMER
0037  03B4  C6 F7       DEC COUNT     ;DECREMENTA IL CONTEGGIO
                                      ;DI VENTI
0038  03B6  D0 31       BNE EXIT      ;ESCI SE NON SI È
                                      ;ANCORA CONTATO FINO A VENTI
0039  03B8  A9 14       LDA #$14      ;ALTRIMENTI RIPRISTINA CONTEGGIO
```

Figura 4-37: Il Programma per l'Ora del Giorno (Listing completo in Appendice C)

```
0040  03BA  85 F7          STA  COUNT      ;UN INTERO SECONDO È TRASCORSO
0041  03BC  A9 01          LDA  #$01
0042  03BE  18             CLC
0043  03BF  65 F6          ADC  SECS       ;AGGIUNGI 1 A SEC
0044  03C1  85 F6          STA  SECS
0045  03C3  C9 60          CMP  #$60       ;VEDI SE SI È ARRIVATI A 60 SECONDI
0046  03C5  D0 22          BNE  EXIT       ;SE NO, ESCI
0047  03C7  A9 00          LDA  #$00       ;ALTRIMENTI PONI SECONDI A 0
0048  03C9  85 F6          STA  SECS
0049  03CB  A9 01          LDA  #$01
0050  03CD  18             CLC
0051  03CE  65 F5          ADC  MIN        ;E SOMMA 1 AI MINUTI
0052  03D0  85 F5          STA  MIN
0053  03D2  C9 60          CMP  #$60       ;VEDI SE SI È RAGGIUNTO 60 MINUTI
0054  03D4  D0 13          BNE  EXIT       ;SE NO, ESCI
0055  03D6  A9 00          LDA  #$00
0056  03D8  85 F5          STA  MIN        ;ALTRIMENTI PONI I MINUTI A 0
0057  03DA  A9 01          LDA  #$01
0058  03DC  18             CLC
0059  03DD  65 F4          ADC  HOUR       ;E SOMMA 1 AD HOUR
0060  03DF  85 F4          STA  HOUR
0061  03E1  C9 24          CMP  #$24       ;VEDI SE SI SONO RAGGIUNTE 24 ORE
0062  03E3  D0 04          BNE  EXIT       ;SE NO, ESCI
0063  03E5  A9 00          LDA  #$00
0064  03E7  85 F4          STA  HOUR       ;ALTRIMENTI PONI HOUR A 0
0065  03E9  68       EXIT  PLA             ;RIMEMORIZZA LO STATO
0066  03EA  28             PLP
0067  03EB  40             RTI

ERRORS = 0000 < 0000 >

SYMBOL TABLE

SYMBOL  VALUE

ACR     A00B    CLOCK   03A7    COUNT   00F7    EXIT
HOUR    00F4    INIT    0390    MIN     00F5    PLS
SECS    00F6    T1HC    A005    T1LL    A006

END OF ASSEMBLY
```

Figura 4-37: Il Programma per l'Ora del Giorno (continua)

Infine, dobbiamo caricare nel timer, la costante adeguata per ottenere un ritardo che genererà un interrupt da 50 millisecondi. Si carica quindi il valore C350 esadecimale (= 50000 decimale) nel contatore. Si vedrà, nella routine INIT, che si carica prima la parte bassa del latch, poi la parte alta del contatore. Caricando la parte alta del contatore, si ottiene automaticamente il trasferimento della parte più bassa del latch nella parte più bassa del contatore e contemporaneamente la partenza del timer.

La subroutine INIT è riportata di seguito:

```
COUNT   = $00F7   1/20 DI SECONDO
SECS    = $00F6
MIN     = $00F5
HOUR    = $00F4
ACR     = $A00B   REGISTRO DI MODO DEL TIMER
T1LL    = $A006   PARTE BASSA DEL TIMER CT
T1CH    = $A005   PARTE ALTA DEL TIMER CT
INIT    LDA       #$14        PRIMI VENTI GIRI
        STA       COUNT
        STA       ACR         BIT 7 E 8 DI ACR BASSI
        LDA       #$0C0       BIT 7 E 8 ALTI
        STA       $A00E       NEL REGISTRO ENABLE INTERRUPT
```

```
LDA     =$50     MEMORIZZA C350 NEL TIMER
STA     T1LL     (CT PER 50 MS)
LDA     #$C3
STA     TICH     PARTENZA TIMER
RTS
```

L'inizializzazione è stata ora completata e si esegue il programma principale dalla locazione CLOCK. Si noti che tutte le addizioni all'interno della routine CLOCK, sono eseguite in decimale. Questo perché il flag decimale è posto ad "1" con l'istruzione SED. In tal modo, quando si manda su display il contenuto delle locazioni di memoria, si visualizzerà un digit per LED, nella solita maniera decimale invece che in forma esadecimale.

Dopo l'esecuzione della subroutine INIT, si ha il ritorno al monitor. Se non si pigia nessun tasto della tastiera, non avverrà nulla fino a che non si genererà un interrupt di time-out. Al rilevamento dell'interrupt si avrà un salto automatico nell'orologio. Quando nel 6502, avviene un interrupt, esso salta automaticamente alla locazione di memoria FFFE, FFFF dove trova il vettore di interrupt, cioé l'indirizzo successivo da inserire nel program counter. Nel SYM, l'utilizzatore carica all'inizio, le locazioni di memoria A67E e A67F con il vettore di interrupt desiderato. Il monitor del SYM, che è attivo tutte le volte che non si sta eseguendo il programma dell'utilizzatore, duplica automaticamente il contenuto delle locazioni A600 fino A67F, riportandolo anche agli indirizzi da FF80 a FFFF. In questo modo il contenuto di A67E e A67F, viene copiato automaticamente dal monitor del SYM agli indirizzi di memoria FFFE, FFFF. Nell'istante in cui si ha interrupt, si salterà a FFFE, FFFF e lì si troverà un contenuto a 16 bit da inserire nel program counter.

CLOCK è la routine di interrupt nella quale si entra ogni volta che si riceve un interrupt. Essa salva il contenuto del registro P (registro di stato) ed A (accumulatore). Non è necessario salvare gli altri registri come lo è per questi.

Viene poi ricaricato il contatore del timer con il valore C350 esadecimale = 50000 decimale e il timer riparte di nuovo. Caricando il contatore si azzera automaticamente il precedente interrupt.

La routine poi, in seguito, controlla se la variabile COUNT ha raggiunto il valore "20", se SECS ha raggiunto il valore "60", se MIN ha raggiunto il valore "60" o se la variabile HOUR ha raggiunto il valore "24". Se qualcuna delle variabili ha eguagliato il suo valore limite, essa è posta a "0", come indicato nel flow-chart di Figura 4-36, o il programma di Figura 4-37.

Infine si esce dalla routine ripristinando i due registri che si erano salvati, A e P ed eseguendo una RTI (Return From Interrupt).

UN PROGRAMMA DI CONTROLLO DOMESTICO

Un programma per home control generalizzato, metterà su di un monitor l'ora esatta, lo stato di un sistema di allarme e farà diverse azioni in funzione dell'ora del giorno, o in seguito al rilevamento di una condizione di allarme. Sarà usato qui il programma di misura dell'ora quotidiana che è stato sviluppato in precedenza, mostrando su display l'ora del giorno, poi in funzione di questa saranno compiute particolari funzioni chiudendo uno o più relé. Il programma è riportato in Figura 4-38. Il registro di direzione dati della Porta B è posto al valore esadecimale 0F, con lo scopo di abilitare i quattro bit inferiori come uscite (per i relé). Chiaramente, solo quei bit attualmente collegati ai relé dovranno essere indicati come uscite. Gli altri dovranno rimanere ingressi. Come al solito, per precauzione, è inclusa nel programma una istruzione esplicita per aprire i relé. Questo lo si ottiene inserendo il valore esadecimale 00, alla locazione di memoria di IORB (indirizzo AC00).

In questo programma sono usate due routine del monitor del SYM per facilitare l'uscita. L'accumulatore è caricato con il contenuto della locazione di memoria HOUR che contiene l'ora del giorno espressa in ore (vedi la routine di calcolo dell'ora quotidiana), poi si esegue una chiamata alla subroutine OUTBYT che permette la visualizzazione di HOUR sul display. Allo stesso modo vengono visualizzati i minuti, caricando l'accumulatore con il contenuto della locazione di memoria MIN e chiamando OUTBYT.

```
0002  0000            ;QUESTA È UNA SEMPLICE ROUTINE DI CONTROLLO DOMESTICO
0003  0000            ;CHE OPERA CON UN CICLO  AL TEMPO OPPORTUNO
0004  0000            ;ESSA SALTA AD UN CERTO NUMERO DI UTENTI
                      ;DI SUBROUTINE
0005  0000            ;ESEMPI
0006  0000            ;DI DISPOSITIVI DI SERVIZIO
0007  0000            ;1) UNA SUBROUTINE POTREBBE CONTROLLARE IL TEMPO CORRENTE ED
0008  0000            ;   ACCENDERE UNA LUCE IN UN CERTO ISTANTE
0009  0000            ;2) UNA SUBROUTINE POTREBBE OSSERVARE LO STATO DI UN
0010  0000            ;   SISTEMA D ALLARME E PRENDERE OPPORTUNI PROVVEDIMENTI
0011  0000            ;   SE SI RIVELA UN INTRUSO
0012  0000            DDRB = $AC02
0013  0000            IORB = $AC00
0014  0000            HOUR = $00F4
0015  0000            MIN = $00F5
0016  0000            OUTBYT = $82FA
0017  0000            SCAND = $8906
0018  0000                    * = $0200
0019  0200  D8        CONTRL CLD                  ;
0020  0201  A9 0F             LDA  #$0F           ;PREDISPONI IL REGISTRO
0021  0203  8D 02 AC          STA  DDRB           ;DI DIREZIONE DATI
                                                  ;COME USCITA PER I RELÈ
0022  0206  A9 00             LDA  #$00
0023  0208  8D 00 AC          STA  IORB           ;DISABILITA I RELÈ
0024  020B  A5 F4     LOOP    LDA  HOUR           ;QUESTO È IL CICLO
                                                  ;DI CONTROLLO PRINCIPALE
0025  020D  20 FA 82          JSR  OUTBYT         ;INVIA AL DISPLAY
                                                  ;LE ORE ATTUALI
0026  0210  A5 F5             LDA  MIN
0027  0212  20 FA 82          JSR  OUTBYT         ;INVIA AL DISPLAY
                                                  ;I MINUTI ATTUALI
0028  0215  20 06 89          JSR  SCAND          ;AZIONA IL DISPLAY
                                                  ;CON IL TEMPO
0029  0218  EA                BYTE $EA, $EA, $EA
0029  0219  EA
0029  021A  EA
0030  021B  EA                BYTE $EA, $EA, $EA
0030  021C  EA
0030  021D  EA
0031  021E  EA                BYTE $EA, $EA, $EA
0031  021F  EA                                    ;QUI L'UTENTE PUÒ POSIZIONARE
0031  0220  EA                                    ;SALTI ALLE SUBROUTINE
0032  0221  EA                BYTE $EA, $EA, $EA  ;PER DISPOSITIVI
0032  0222  EA                                    ;DI SERVIZIO
0032  0223  EA
0033  0224  EA                BYTE $EA, $EA, $EA
0033  0225  EA
0033  0226  EA
0034  0227  EA                BYTE $EA, $EA, $EA
0034  0228  EA
0034  0229  EA
0035  022A  EA                BYTE $EA, $EA, $EA
0035  022B  EA
0035  022C  EA
0036  022D  EA                BYTE $EA, $EA, $EA
0036  022E  EA                                    ;QUI L'UTENTE PUÒ POSIZIONARE
0036  022F  EA                                    ;SALTI ALLE SUBROUTINE
0037  0230  EA                BYTE $EA, $EA, $EA  ;PER DISPOSITIVI
0037  0231  EA                                    ;DI SERVIZIO
0037  0232  EA
0038  0233  EA                BYTE $EA, $EA, $EA


0038  0234  EA
0038  0235  EA
0039  0236  4C 0B 02          JMP  LOOP
0040  0239

ERRORS = 0000 <  0000 >

SYMBOL TABLE

SYMBOL VALUE

CONTRL    0200    DDRD    AC02    HOUR    00F4    IORB    AC00
LOOP      020B    MIN     00F5    OUTBYT  82FA    SCAND   8906

END OF ASSEMBLY
```

Figura 4-38: Programma di Controllo Domestico (Listing completo in Appendice C)

La routine OUTBYT è contenuta alla locazione di memoria 82FA del monitor e visualizza il contenuto di A su due digit esadecimali. Successivamente, si usa la routine SCAND (all'indirizzo di memoria 8906), per eseguire una scansione del display. Una volta visualizzata l'ora, si eseguirà un'opportuna istruzione di salto, se si verificano alcune condizioni. Poiché tali condizioni saranno diverse nelle varie applicazioni, nel programma si è lasciato uno spazio vuoto che potrà essere riempito dal lettore. Per esercizio si suggerisce di attivare 2 o 3 volte i relé, separatamente, per pochi minuti. Il rumore fatto dai relé quando si chiudono indica che il programma è eseguito correttamente. Questo dovrà essere fatto prima di collegare qualsiasi dispositivo ai relé.

COMBINATORE TELEFONICO

Svilupperemo un programma capace di comporre un numero una volta che questo è stato caricato in memoria. Con un telefono tradizionale (combinatore rotante), si inviano semplicemente impulsi sulla linea. Questo ora può essere fatto semplicemente e noi svilupperemo qui un programma in grado di generare le frequenze usate negli Stati Uniti per telefoni a tastiera.

La tabella delle frequenze telefoniche appare in Figura 4-39. Ogni digit permette la generazione di due toni. Le diverse frequenze sono state scelte accuratamente dalla compagnia telefonica con lo scopo di evitare la possibilità di armoniche spurie, e per occupare la più piccola banda possibile. Essi variano nel range da 697 Hertz a 1477 Hertz, come indicato nell'illustrazione.

Il nostro programma genererà simultaneamente due toni, che saranno introdotti nello stesso altoparlante. Le frequenze dovranno essere precise per poter essere riconosciute dal circuito switching del telefono.

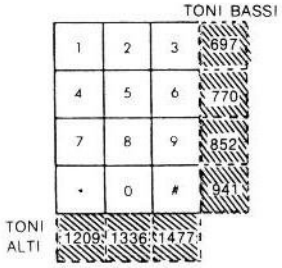


Figura 4-39: Le Frequenze Telefoniche

Questo risultato può essere ottenuto impiegando due timer. Useremo qui il timer A ed il timer B della scheda del microprocessore. Ogni timer genererà una frequenza e l'uscita di entrambi i timer sarà inviata all'altoparlante. Per avere risultati più affidabili, si raccomanda di fare uso di un amplificatore operazionale per l'altoparlante. Ad ogni modo il programma rimarrà invariato. Il diagramma di flusso del programma appare in Figura 4-40. Il numero di digit per il numero telefonico è irrilevante. Questo programma manipolerà un numero telefonico di lun-

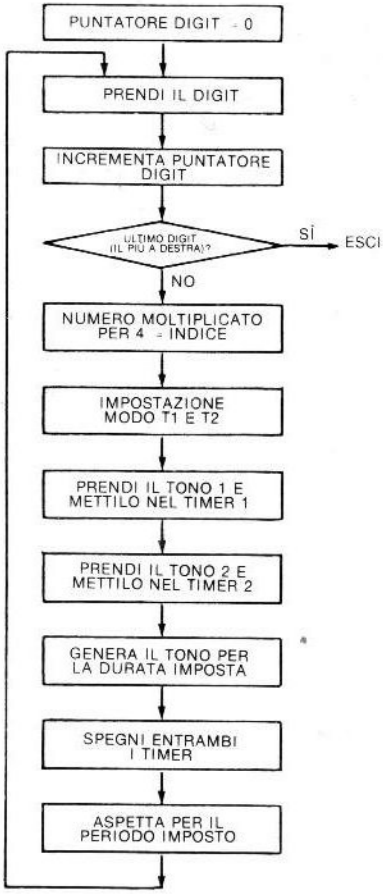


Figura 4-40: Diagramma di flusso per Combinatore Telefonico

ghezza qualsiasi. Il primo digit da "comporre" è ottenuto dalla memoria. Una tabella delle equivalenze, che indica i periodi per i due toni da generare per ogni digit, è conservata in memoria. Più precisamente tale tabella indica il *semiperiodo* e dal momento che i due toni sono associati ad ogni digit, questa tabella userà quattro byte per ogni digit. Il valore del digit deve quindi essere moltiplicato per quattro per poter essere usato come indice di questa tabella.

Si otterrano due valori di tabella e si caricheranno rispettivamente nel timer A e B che saranno avviati. I due toni saranno poi generati automaticamente per una specifica durata (diciamo mezzo secondo o un secondo). Sarà poi inserito un intervallo di silenzio e si prenderà dalla memoria il digit successivo. Il procedimento sarà ripetuto fino a che tutti i digit sono stati composti. Il flow-chart è semplice. Esaminiamo ora il programma. Il programma completo è mostrato in Figura 4-41.

```
LINE #LOC  CODE          LINE
0002 0000                ;QUESTO È UN PROGRAMMA CHE COMPONE
0003 0000                ;NUMERI TELEFONICI PRE-MEMORIZZATI. ESSO PRODUCE UN'USCITA
0004 0000                ;A DUE TONI SU UN ALTOPARLANTE CONNESSO IN CONFIGURAZIONE 2
0005 0000                ;(2 TONI - VEDI ALTOPARLANTE). QUESTI TONI RIPRODURRANNO
0006 0000                ;IL TOCCO TELEFONICO PONENDO L'ALTOPARLANTE IN
0007 0000                ;CORRISPONDENZA DELLA CORNETTA LATO BOCCA
0008 0000                ;PER IMPIEGARE IL PROGRAMMA CARICA IL NUMERO (I)
0009 0000                ;TELEFONICO DOVUNQUE IN MEMORIA, UNA CIFRA PER BYTE
0010 0000                ;TERMINANDO CON 0F (ESADEC.). PER ES. IL NUM.
0011 0000                ;555-1212 RISULTEREBBE IN MEMORIA 05 05 05 01 02 01 02 0F (TUTTI ESADEC.)
0012 0000                ;CARICANDO L'INDIRIZZO DEL NUMERO SI INTRODUCA
0013 0000                ;PRIMA IL BYTE BASSO, NELLE LOC. 00C0 E 00C1.
0014 0000                ;INOLTRE SI ENTRA A QUESTA SUB.
                         ;DA MONITOR O JSR AD ESSA DA UN ALTRO PROGRAMMA.
0015 0000                NUMPTR = $00C0          ;QUESTO PUNTA ALL'INDIRIZZO
                                                 ;DEL NUMERO TELEFONICO
0016 0000                ONDEL = $40             ;QUESTA È LA COSTANTE
                                                 ;DI RITARDO PER IL TEMPO
0017 0000                OFFDEL = $20            ;COSTANTE DI RITARDO PER IL TEMPO
                                                 ;QUANDO I TONI SONO 0
0018 0000                DELCON = $FF            ;COSTANTE DI RITARDO
                                                 ;PER SCOPI GENERALI
0019 0000                ACR1 = $A00B            ;QUESTI SONO I REGISTRI
                                                 ;TIMER MODE (TIMER 1)
0020 0000                ACR2 = $AC0B            ;(TIMER 2)
0021 0000                T1CH = $A005            ;QUESTO È IL CONTATORE DEL TIMER 1
                                                 ;(BYTE ELEVATO)
0022 0000                T1LH = $A007            ;LATCH DEL TIMER 1 (BYTE ELEVATO)
0023 0000                T1LL = $A004            ;(BYTE BASSO)
0024 0000                T2CH = $AC05            ;PER TIMER 2 ANALOGAMENTE A TIMER 1
0025 0000                T2LH = $AC07
0026 0000                T2LL = $AC04
0027 0000                        *= $0300
0028 0300 A0 00          PHONE LDY #$00          ;INDICE PER LE CIFRE
                                                 ;DEL NUMERO TELEFONICO
0029 0302 B1 C0          DIGIT LDA (NUMPTR)Y     ;ACCETTA CIFRA
0030 0304 C8                   INY
0031 0305 C9 0F                CMP #$0F            ;VEDI SE FINE
                                                 DEL NUMERO TELEFONICO
0032 0307 D0 01                BNE NOEND
0033 0309 60                   RTS                 ;RITORNO SE SI (AL
                                                 ;MONITOR O
                                                 ;PROGRAMMA CHIAMANTE)
0034 030A 0A EA EA NOEND ASL A                     ;MOLTIPLICA IL NUMERO PER
                                                 ;QUATTRO ALLA TABELLA INDICE
0035 030D 0A EA EA       ASL A                     ;  (OGNI INGRESSO ALLA TABELLA
                                                 ;  È DI QUATTRO BYTE)
0036 0310 AA             TAX                       ;X = INDICE DELLA TABELLA
0037 0311 A9 C0          LDA #$C0
0038 0313 8D 0B A0       STA ACR1                  ;PONI IL MODO DEL TIMER
                                                 ;A FREE RUNNING SU ENTRAMBI I TIMER
0039 0316 8D 0B AC       STA ACR2
0040 0319 BD5D 03        LDA TABLE,X               ;ACCETTA IL BYTE DI BASSO
                                                 ;ORDINE DEL PRIMO TONO
0041 031C 8D 04 A0       STA T1LL                  ;MEMORIZZA IL TIMER 1
0042 031F E8             INX
0043 0320 BD5D 03        LDA TABLE,X               ;ACCETTA IL BYTE DI ORDINE
                                                 ;ELEVATO DEL PRIMO TONO
0044 0323 8D 07 A0       STA T1LH                  ;MEMORIZZA IL TIMER 1
0045 0326 8D 05 A0       STA T1CH                  ;QUESTO AVVIA
                                                 ;IL TIMER 1
0046 0329 E8             INX
0047 032A BD5D 03        LDA TABLE,X               ;ACCETTA IL BYTE DI BASSO
                                                 ;ORDINE DEL SECONDO TONO
0048 032D 8D 04 AC       STA T2LL                  ;MEMORIZZALO NEL TIMER 2
0049 0330 E8             INX
0050 0331 BD5D 03        LDA TABLE,X               ;ACCETTA IL BYTE DI ORDINE
                                                 ;ELEVATO DEL SECONDO TONO
```

Figura 4-41: Programma per Combinatore Telefonico (Listing completo in Appendice C)

```
0051  0334  8D 07 AC        STA  T2LH          ;MEMORIZZALO NEL TIMER 2
0052  0337  8D 05 AC        STA  T2CH          ;QUESTO AVVIA
                                                ;IL TIMER 2
0053  033A  A2 40           LDX  #ONDEL        ;ACCETTA LA COSTANTE DI
                                                ;RITARDO DI TONO ACCESO
0054  033C  20 55 03 ON     JSR  DELAY         ;RITARDO MENTRE IL TONO È ACCESO
0055  033F  CA              DEX
0056  0340  D0 FA           BNE  ON
0057  0342  A9 00           LDA  #$00
0058  0344  8D 0B A0        STA  ACR1          ;DISABILITA ENTRAMBI I TIMER
0059  0347  8D 0B AC        STA  ACR2
0060  034A  A2 20           LDX  #OFFDEL       ;ACCETTA LA COSTANTE DI RITARDO
                                                ;DI TONO SPENTO
0061  034C  20 55 03 OFF    JSR  DELAY         ;RITARDO MENTRE IL TONO È SPENTO
0062  034F  CA              DEX
0063  0350  D0 FA           BNE  OFF
0064  0352  4C 02 03        JMP  DIGIT         ;RITORNA INDIETRO PER LA CIFRA
                                                ;SUCCESSIVA DEL NUMERO TELEFONICO
0065  0355                  ;
0066  0355                  ;QUESTA È UNA SEMPLICE ROUTINE DI RITARDO
                            ;PER L'ACCENSIONE E SPEGNIMENTO DEL TONO
0067  0355                  ;
0068  0355  A9 FF     DELAY LDA  #DELCON       ;ACCETTA LA COSTANTE
0069  0357  38        WAIT  SEC                ;DI RITARDO DI QUESTA LUNGHEZZA
0070  0358  E9 01           SBC  #$01
0071  035A  D0 FB           BNE  WAIT
0072  035C  60              RTS
0073  035D                  ;
0074  035D                  ;QUESTA È UNA TABELLA DELLE COSTANTI PER LE FREQUENZE
0075  035D                  ;DEL TONO PER OGNI CIFRA TELEFONICA. LE COSTANTI
0076  035D                  ;SONO LUNGHE 2 BYTE, PRIMA QUELLO BASSO
0077  035D                  ;
0078  035D  13        TABLE ;BYTE$13, $02, $76, $01 ;DUE TONI PER '0'
0078  035E  02
0078  035F  76
0078  0360  01
0079  0361  CD              ;BYTE$CD, $02, $98, $01;DUE TONI PER '1'
0079  0362  02
0079  0363  9E
0079  0364  01
0080  0365  CD              ;BYTE$CD, $02, $76, $01;   '2'
0080  0366  02
0080  0367  76
0080  0368  01
0081  0369  CD              ;BYTE$CD, $02, $53, $01;   '3'
0081  036A  02
0081  036B  53
0081  036C  01
0082  036D  89              ;BYTE$89, $02, $9E, $01;   '4'
0082  036E  02
0082  036F  9E
0082  0370  01
0083  0371  89              ;BYTE$89, $02, $76, $01;   '5'
0083  0372  02
0083  0373  76
0083  0374  01
0084  0375  89              ;BYTE$89, $02, $53, $01;   '6'
0084  0376  02
0084  0377  53
0084  0378  01
0085  0379  4B              ;BYTE$4B, $02, $9E, $01;   '7'
0085  037A  02
0085  037B  9E
0085  037C  01
0086  037D  4B              ;BYTE$4B, $02, $76, $01;   '8'
0086  037E  02
0086  037E  76
0086  0380  01
0087  0381  4B              ;BYTE$4B, $02, $53, $01;   '9'
```

Figura 4-41: Programma per Combinatore Telefonico (continua)

```
0087 0382 02
0087 0383 53
0087 0384 01
0088 0385                    FINE
ERRORS - 0000 < 0000 >
SYMBOL TABLE
SYMBOL VALUE
ACR1    A00B    ACR2    AC0B    DELAY   0355    DELCON  00FF
DIGIT   0302    NOEND   030A    NUMPTR  00C0    OFF     034C
OFFDEL  0020    ON      033C    ONDEL   0040    PHONE   0300
T1CH    A005    T1LH    A007    T1LL    A004    T2CH    AC05
T2LH    AC07    T2LL    AC04    TABLE   035D    WAIT    0357
END OFF ASSEMBLY
```

Figura 4-41: Programma per Combinatore Telefonico (continua)

Il Registro Y è usato come puntatore del digit corrente del numero telefonico che deve essere composto. Esso è innanzi tutto inizializzato a 0:

```
PHONE     LDY     #$00
```

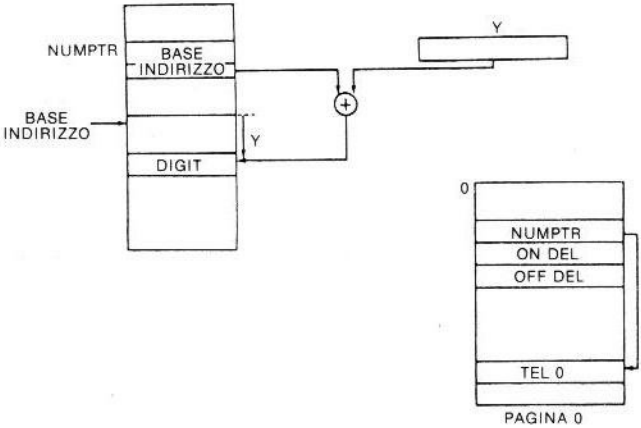


Figura 4-42: Combinatore Telefonico: Accesso Indiretto Indicizzato (in alto) e Mappa di Memoria (in basso)

Successivamente il digit è ottenuto impiegando una tecnica di indirizzamento indicizzato indiretto (vedi Figura 4-42). Si suppone che il numero telefonico completo sia stato memorizzato sequenzialmente partendo dall'indirizzo "NUMPTR", e termini con il valore "0F", che indica la fine del numero telefonico.

```
DIGIT     LDA     (NUMPTR),Y     ACCETTA DIGIT
```

Il Registro indice Y è poi incrementato, cosicché punterà il digit successivo per il prossimo giro. Si controlla se si è trovato l'ultimo digit ("0F") e se così è, il programma termina:

```
          INY
          CMP     #$0F
          BNE     NOEND
          RTS
```

Supporremo di non avere ancora raggiunto l'ultimo digit del numero telefonico e quindi procederemo. Il valore del digit deve essere moltiplicato per quattro, dal momento che, come abbiamo già detto, la tabella delle equivalenze fra i digit e i semiperiodi contiene quattro byte per ingresso. La moltiplicazione per quattro si eseguirà con due successivi shift a sinistra. Il risultato sarà poi memorizzato nel registro X cosicché possa essere usato come indice:

```
NOEND   ASL     A
        ASL     A
        TAX
```

Successivamente entrambi i timer A e B, sono posti nel modo free running:

```
        LDA     #$C0
        STA     ACR1
        STA     ACR2
```

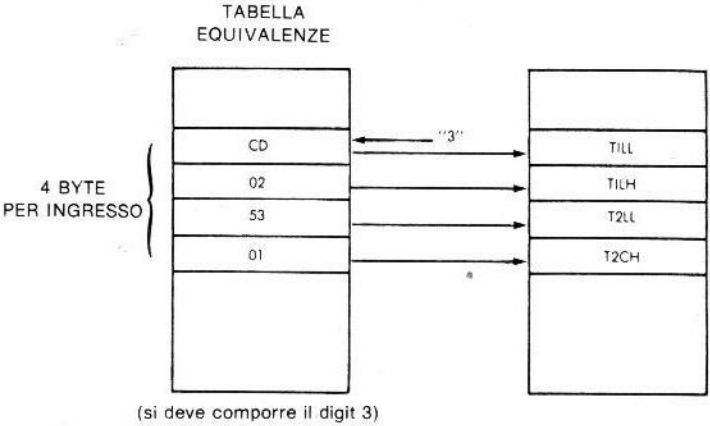


Figura 4-43: Caricamento del Timer

Essi sono poi caricati ognuno con il semiperiodo ricavato dalla tabella delle equivalenze (vedi Figura 4-43):

```
        LDA     TABLE,X
        STA     T1LL
        INX
        LDA     TABLE,X
        STA     T1LH
        STA     T1CH
        INX
        LDA     TABLE,X
        STA     T2LL
        INX
        LDA     TABLE,X
        STA     T2LH
        STA     T2CH
```

Una volta che entrambi i timer sono stati azionati, si deve semplicemente generare il tono per un determinato periodo di tempo. Tale durata è qui indicata dal valore ONDEL. Il ritardo richiesto è ottenuto con la subroutine DELAY ed un loop secondario "ON".

```
        LDX     #ONDEL
ON      JSR     DELAY
        DEX
        BNE     ON
```

Infine, una volta che si è generato il tono per il periodo giusto di tempo, entrambi i timer vengono semplicemente disattivati:

```
        LDA     #$00
        STA     ACR1
        STA     ACR2
```

poi si genera un ritardo di silenzio:

```
        LDX     #OFFDEL
OFF     JSR     DELAY
        DEX
        BNE     OFF
```

e il programma ritorna all'inizio per generare i toni corrispondenti al digit successivo:

```
        JMP     DIGIT
```

La routine DELAY è del tipo classico:

```
DELAY   LDA     #DELCON
WAIT    SEC
        SBC     #$01
        BNE     WAIT
        RTS
```

La tabella delle equivalenze che indica il semiperiodo equivalente, per i toni che devono essere generati, appare alla fine del programma in Figura 4-41.

Calcoliamo i semiperiodi corrispondenti a ognuna delle frequenze che sono state generate. Devono essere generate sette frequenze: 697, 770, 852, 941, 1209, 1336, 1477.

Ad esempio, per una frequenza N = 697 Hz, il corrispondente periodo è 1/N = 1434,7 microsecondi. Il semiperiodo è quindi 717 microsecondi o 02CD esadecimale.

FREQUENZA DESIDERATA	SEMI-PERIODO	N = SEMI-PERIODO − 1,7	ESADEC. per Eserc. 4-4
697	717,3	716	02CC
770	649,3	648	0288
852	586,8	585	0249
941	531,3	530	0212
1209	413,5	412	019C
1336	374,2	372	0174
1477	338,5	337	0151

Figura 4-44: Calcolo delle Costanti del Timer

Allo stesso modo i semiperiodi delle altre frequenze compaiono in Figura 4-44. I corrispondenti valori esadecimali sono stati usati nel programma di Figura 4-41.

Esaminiamo ora alcuni miglioramenti a questo programma di base.

ESERCIZIO 4-4: *Sono possibili alcuni miglioramenti quali, ad esempio, la precisione con cui si generano le frequenze. Con riferimento al capitolo 2 di questo libro o anche a un manuale hardware, si potrà notare che il timer 1 nel modo free running non genera un tono dell'esatta frequenza desiderata. Infatti esso aggiunge 1,5 microsecondi, oppure 2 microsecondi al valore del semiperiodo che è stato caricato nel registro del contatore. Ricalcolare le mezze frequenze che devono essere usate, supponendo che entrambi i timer, 1 e 2, aggiungano in media 1,75 microsecondi ad ogni semiperiodo.*

NOTA: *Non rifare i calcoli, la risposta è in Figura 4-44.*

ESERCIZIO 4-5: *Questo programma può essere funzionalmente migliorato anche aggiungendo un simbolo programmabile "silence". Ciò è usuale in alcuni paesi per comunicazioni internazionali, o all'interno di una compagnia per ottenere l'accesso ad una linea esterna. Bisogna innanzi tutto comporre alcuni digit per ottenere una linea, poi bisogna aspettare un determinato periodo prima di comporre il numero voluto. Inserire questo cambiamento nel programma di cui sopra.*

Sotto è riportato un miglioramento hardware per eliminare delle frequenze.

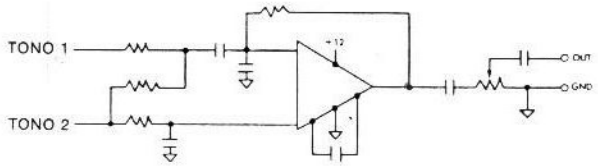


Figura 4-45: Miglioramento Hardware Suggerito per Annullamento di Frequenze

PARTE 2:

COMBINAZIONI DI TECNICHE

INTRODUZIONE

I programmi presentati in questo paragrafo, useranno una combinazione delle tecniche indicate in questo capitolo e saranno sviluppati per la scheda KIM. L'unica differenza significativa fra KIM e SYM al fine di questi esercizi, sarà la posizione del PIO nella mappa di memoria. Il lettore interessato è rimandato alla Figura 2-4 per la mappa di memoria reale del KIM. Poiché i programmi sono scritti in linguaggio assembler, facendo uso di label simboliche ed operandi, molti di essi saranno identici per il SYM. È solamente durante il processo di assembly (sia per mezzo di un assembler automatico come quello presentato nell'Appendice A, o per mezzo di un assembly manuale), cioè nel momento in cui si genera la rappresentazione esadecimale delle istruzioni, che compariranno differenze dovute a diverse assegnazioni di memoria.

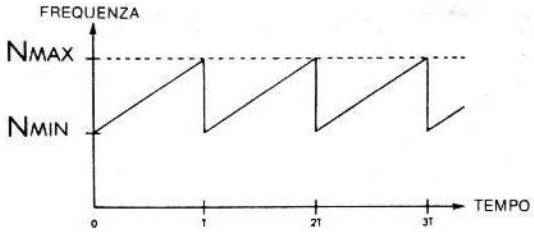


Figura 4-46: Suono di una Sirena

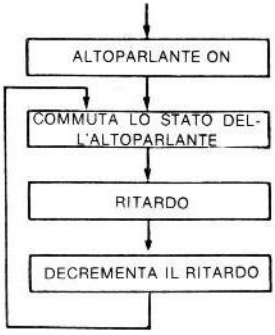


Figura 4-47: Diagramma di flusso per una Sirena - Rampa di Salita

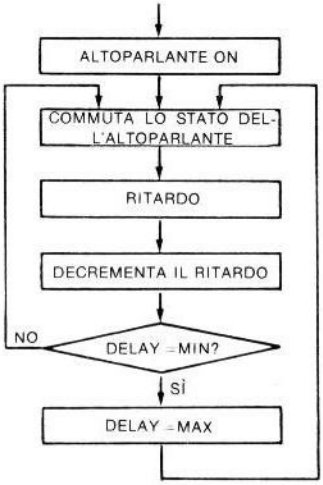


Figura 4-48: Stop ad Nmax

GENERAZIONE DEL SUONO DI UNA SIRENA

La rappresentazione grafica del suono di una sirena è mostrata in Figura 4-46. Tale suono inizia alla frequenza minima N_{min}, e aumenta durante il tempo T, fino ad un valore massimo chiamato N_{max}. La frequenza del tono scende poi istantaneamente a N_{min} e risale progressivamente fino all'istante 2T e così via. Il diagramma di flusso per la generazione di un suono di frequenza crescente è riportato in Figura 4-47. Inoltre la massima frequenza non potrà superare N_{max}, altrimenti il suono non potrà udirsi (oppure non potrà essere generato dall'altoparlante). Il diagramma di flusso per generare ripetitivamente la rampa è mostrato in Figura 4-48.

Il programma è riportato in Figura 4-49. Esso approssima la forma di Figura 4-46.

```
                    ;SIREN
                    ;
                    PA        =$1700
                    PAD       =$1701
                    ;
0000: FF            DELAY     .BYT $FF
                              .=$40
0040: A9 01                   LDA #$01
0042: 8D 01 17                STA PAD
0045: 8D 00 17                STA PA
0048: EE 00 17      SWITCH    INC PA
004B: A6 00                   LDX DELAY
004D: CA            LOOP      DEX
004E: D0 FD                   BNE LOOP
0050: C6 00                   DEC DELAY
0052: 4C 48 00                JMP SWITCH
                    ;


SYMBOL TABLE:
 PA          1700        PAD         1701        DELAY       0000
 SWITCH      0048        LOOP        004D
DONE
```

Figura 4-49: Programma per Sirena relativo al Flow-Chart di Figura 4-47

L'altoparlante è connesso al registro IORA (indirizzo di memoria 1700) nella posizione del bit 0. Esso può essere collegato direttamente. Per avere un suono migliore si consiglia il circuito di Figura 4-50. Il registro di direzione dati DDRA, di questo PIO, deve innanzi tutto, essere programmato in modo che il bit zero sia un'uscita.

```
LDA     #$01
STA     PAD     DDRA
```

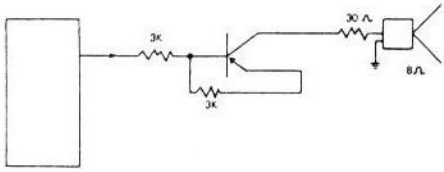


Figura 4-50: Collegamento di un Altoparlante (Migliorato)

Si può poi accendere l'altoparlante. L'accensione e lo spegnimento dell'altoparlante, si possono ottenere con un trucco di programmazione. Ciò consiste nell'istruzione INC. Tale istruzione incrementerà il contenuto di un apposito registro e genererà una successione di numeri che saranno alternativamente pari e dispari. Ciò assicura che il bit più a destra (il bit 0, a cui è collegato l'altoparlante) commuterà fra il valore 0 e 1. Questo permette l'accensione e lo spegnimento dell'altoparlante con una sola istruzione invece di due, che servirebbero se si dovesse caricare un pattern differente nell'accumulatore e trasferirlo poi ad ORA. Spegnamo ora l'altoparlante. Esso resterà spento per un periodo di tempo indicato dalla costante "DELAY". Il loop di ritardo è il seguente:

```
        STA     PA          VALORE INIZIALE IN ORA
SWITCH  INC     PA
        LDX     DELAY
LOOP    DEX
        BNE     LOOP
```

Una volta che DELAY è stato usato, viene decrementato:

```
        DEC     DELAY
```

In questo modo, la prossima volta, il valore del ritardo sarà più piccolo e il tono avrà un passo più alto. L'altoparlante deve ora essere commutato:

```
        JMP     SWITCH
```

Il programma precedente, implementa la rampa di salita del suono a sirena, come mostrato nel flow-chart di Figura 4-47.

ESERCIZIO 4-7: *Completare il programma per il flow-chart di Figura 4-48, per generare rampe di salita successive e generare un vero suono a sirena.*

ESERCIZIO 4-8: *Scrivere un programma per sirena che salga in passo, poi scenda, poi salga di nuovo, etc.*

RILEVAMENTO DI UN IMPULSO IN INGRESSO

In questo programma si schiaccerà un pulsante e si dovrà misurare la durata del periodo in cui il pulsante è mantenuto schiacciato, poi si suonerà n volte attraverso un altoparlante, dove n è il periodo, in secondi, durante il quale l'interruttore è stato schiacciato. L'altoparlante è collegato al bit 0 del IORA come nel programma precedente. L'interruttore, per semplicità di rilevamento, è collegato al bit 7 del IORA. Il collegamento è illustrato in Figura 4-51.

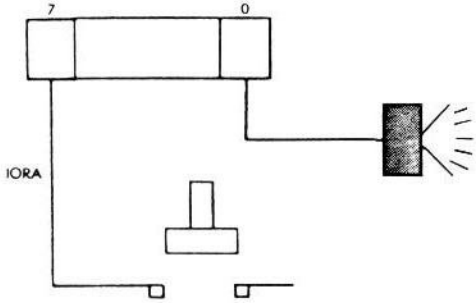
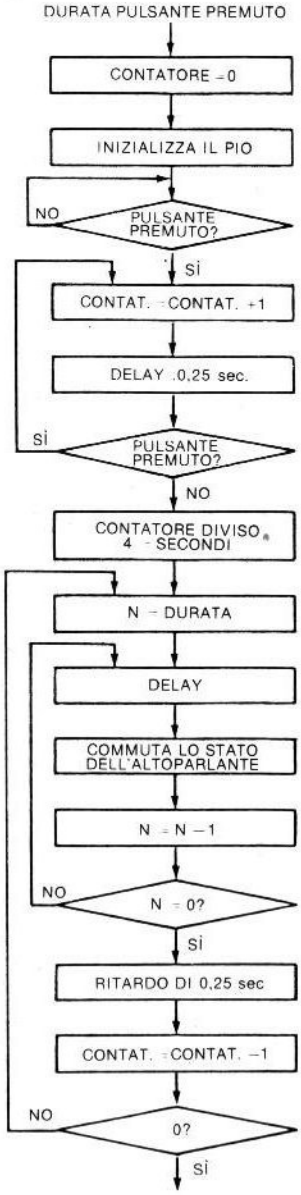


Figura 4-51: Collegamento di un Interruttore ed Altoparlante

Il diagramma di flusso del programma è mostrato in Figura 4-52. La durata del periodo durante il quale il pulsante è premuto, è misurata in unità di 0,25 secondi, poi è convertita in secondi. L'altoparlante è successivamente attivato e regolato.



Note
- COUNTER contiene "n" (numero di beep).
- N è la durata.

Figura 4.52: Diagramma di Flusso Dettagliato

Il programma è riportato in Figura 4-53. Esso segue il flow-chart precedente e si spiega da solo.

```
                T       =$00
                PA      =$1700
                PAD     =$1701
                ;
                        .=$40
0040: A9 01             LDA #01
0042: 8D 01 17          STA PAD         :PAO È UN'USCITA
0045: A9 00             LDA #0
0047: 85 00             STA T
0049: 8D 00 17          STA PA
004C: AD 00 17  POL     LDA PA
004F: 30 FB             BMI POL         :PULSANTE RILASCIATO?
0051: E6 00     CPT     INC T
0053: A2 3D             LDX #$3D        :RITARDO DI 0,25 SEC
0055: A0 00     BL2     LDY #0
0057: C8        BL1     INY
0058: D0 FD             BNE BL1
005A: E8                INX
005B: D0 F8             BNE BL2
005D: AD 00 17          LDA PA
0060: 10 EF             BPL CPT
                :IL PULSANTE È RILASCIATO: SUONA IL CAMPANELLO UNA VOLTA
0062: 46 00             LSR T           :DIVISO QUATTRO
0064: 46 00             LSR T
0066: A9 00     SOUND   LDA #0
0068: A2 80             LDX #$80
006A: A0 00     CL2     LDY #00
006C: C8        CL1     INY
006D: D0 FD             BNE CL1
006F: 49 01             EOR #1
0071: 8D 00 17          STA PA
0074: E8                INX
0075: D0 F3             BNE CL2
                :NUOVO RITARDO DI 1/4 SECONDI
0077: A2 3D             LDX #$3D
0079: A0 00     DL2     LDY #00
007B: C8        DL1     INY
007C: D0 FD             BNE DL1
007E: E8                INX
007F: D0 F8             BNE DL2
0081: C6 00             DEC T
0083: 10 E1             BPL SOUND
0085: 00                BRK


SYMBOL TABLE:
 T          0000        PA          1700        PAD         1701
 POL        004C        CPT         0051        BL2         0055
 BL1        0057        SOUND       0066        CL2         006A
 CL1        006C        DL2         0079        DL1         007B

DONE
```

Figura 4-53: Programma per la Misura della Chiusura di un Interruttore

MISURA DELL'IMPULSO

In questo programma sarà misurato il tempo durante il quale il pulsante è stato premuto e si genererà un suono. Il numero di beep dovrà essere proporzionale alla durata della chiusura dell'interruttore.

Il diagramma di flusso di questo programma è analogo al precedente ed è riportato in Figura 4-54. Il programma corrispondente è mostrato in Figura 4-55.

Tale programma usa la subroutine DELAY che misura un ritardo di 0.25 secondi. Il diagramma di flusso di questa subroutine è mostrato in Figura 4-56. Il programma corrispondente è riportato in Figura 4-57.

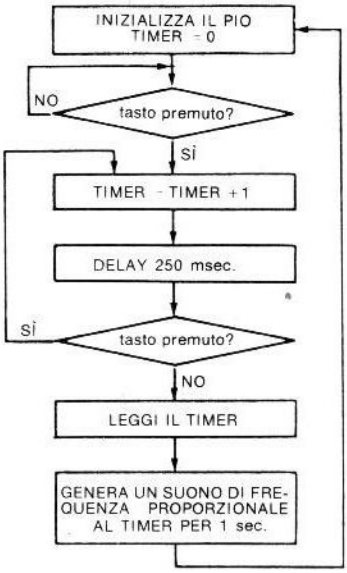


Figura 4-54: Misura del Tempo di Switch

```
                PA      =$1700
                PAD     =$1701
                DL250   =$0090
                FREQ    =$00C0
                ;
                        .=00
0000: 00        T        .BYT $00
                ;
                        .=$40
```

Figura 4-55: Programma per la Misura del Tempo di Switch: Generazione del Tono

```
0040: A9 00                LDA #00
0042: 85 00                STA T          :INIZIALIZZ. TEMPO
0044: 8D 00 17             STA PA
0047: A9 01                LDA #01
0049: 8D 01 17             STA PAD        :BIT 0 FUORI
004C: AD 00 17   POL       LDA PA         :POLLING...
004F: 30 FB                BMI POL        :NON SCHIACCIATO
0051: E6 00      CPT       INC T          :INCREMENTA IL TEMPO
0053: 20 90 00             JSR DL250      :RITARDO DI 250 MS
0056: AD 00 17             LDA PA
0059: 10 F6                BPL CPT
005B: A5 00      HERE      LDA T
005D: 0A                   ASL A          :MPY PER 2
005E: 0A                   ASL A          :MPY ANCORA PER 2
005F: 20 C0 00             JSR FREQ       :FA IL TONO
0062: 4C 5B 00             JMP HERE


SYMBOL TABLE:
 PA          1700          PAD           1701          DL250         0090
 FREQ        00C0          T             0000          POL           004C
 CPT         0051          HERE          005B
DONE
                 :FA UN TONO, USA IL REGISTRO A
                 :ASSUME PA COME USCITA
                 :LA COSTANTE FREQUENZA NEL REGISTRO A IN INGRESSO
                 ;
                 PA        =$1700
                 F         =$BF
                 ;
                           .=$C0
00C0: 85 BF      FREQ      STA F
00C2: A9 00                LDA #0
00C4: A2 80                LDX #$80       :COSTANTE DI DURATA
00C6: A4 BF      FL2       LDY F          :LA COSTANTE FREQUENZA IN Y
00C8: C8         FL1       INY
00C9: D0 FD                BNE FL1
00CB: 49 01                EOR #1
00CD: 8D 00 17             STA PA         :TOGGLE PA0
00D0: E8                   INX
00D1: D0 F3                BNE FL2
00D3: A5 BF                LDA F
00D5: 60                   RTS


SYMBOL TABLE:
 PA          1700          F             00BF          FREQ          00C0
 FL2         00C6          FL1           00C8
DONE
```

Figura 4-55: Programma per il Tempo di Switch (continua)

ESERCIZIO 4-9: *Il diagramma di flusso di Figura 4-55, è stato scritto in modo che ogni blocco corrisponda a una istruzione del programma di Figura 4-54. Usando questo flow-chart, o anche il programma, scrivere sulla sinistra di ogni blocco, la durata del ritardo da esso introdotto. Calcolare il ritardo interno totale di questa subroutine. Vale esattamente 250ms?*

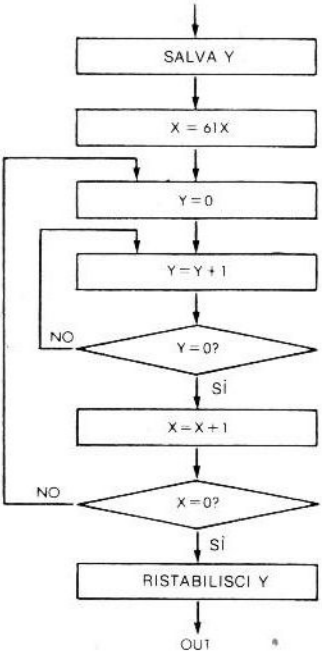


Figura 4-56: Diagramma di flusso per un Ritardo di 250 ms

```
                    ;***** DL250 *****
                    ;RITARDO DI 250 MILLISECONDI
                    ;REG. Y NON INFLUENZATO
                    ;
                          .=$90
0090: 98            DL250  TYA              ;SALVA Y
0091: A2 3D                LDX #$3D
0093: A0 00         DL2    LDY #0
0095: C8            DL1    INY              ;LOOP INTERNO
0096: D0 FD                BNE DL1
0098: E8                   INX
0099: D0 F8                BNE DL2          ;LOOP PIÙ ESTERNO
009B: A8                   TAY              ;RISTABILISCI Y
009C: 60                   RTS

SYMBOL TABLE:
 DL250      0090      DL2      0093      DL1      0095

DONE
```

Figura 4-57: Ritardo di 250 ms

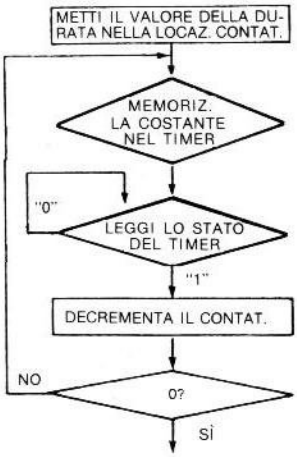


Figura 4-58: Diagramma di flusso TIME 10 (10 Hz)

```
                    ;***** TIME10 *****
                    ;RITARDO DI 1/10 DI SECONDO
                    ;
                    TIMER     =$1707
                    D         =$9D
                    ;
                              .=$9E
009E: 86 9D         TIME10    STX D
00A0: A9 62         T0        LDA #$62      ;98 DECIMALE
00A2: 8D 07 17                STA TIMER
00A5: AD 07 17      T1        LDA TIMER
00A8: 10 FB                   BPL T1
00AA: C6 9D                   DEC D
00AC: D0 F2                   BNE T0
00AE: 60                      RTS

SYMBOL TABLE:
 TIMER        1707        D          009D        TIME10      009E
 T0           00A0        T1         00A5
```

Figura 4-59: Generazione di un Ritardo di 0,1 Secondi

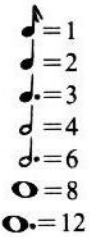
UN SEMPLICE PROGRAMMA MUSICALE

Come gradino preliminare per suonare della musica, generiamo ora un suono con l'altoparlante impiegando un ritardo programmato. Il flow-chart è riportato in Figura 4-58 e la subroutine di ritardo, è mostrata in Figura 4-59. Prima di usare la subroutine bisogna caricare la costante F con l'opportuna durata del ritardo, che determinerà la frequenza del suono. Allo scopo di generare musica che abbia qualche rassomiglianza ai motivi attuali, è necessario generare

un suono di frequenza specifica e controllarne anche la durata. I simboli musicali usati per indicare la durata di un tono, sono riportati di seguito:

Simboli Musicali

(. = +50%)



Il punto che può seguire una nota indica la durata più 50%. In tutto ci sono sette possibili durate. Inoltre è necessario rappresentare una "pausa". Tale informazione richiederà come minimo tre bit in un formato *codificato*, o anche quattro bit in un formato *non codificato*. (Un formato non codificato, è quello in cui i valori 1, 2, 3, 4, 6, 8 e 12 sono rappresentati nella loro forma binaria). Per rappresentare le note di un'ottava, bisogna rappresentare A, B, C, D, E, F, G, come pure le sei mezze note fra di esse. Ciò significa un totale di 13 chiavi per ogni ottava. Se si vuole usare più di un'ottava, bisogna poi riservare un intero byte per rappresentare un tono. Se il lettore, ha una quantità di memoria disponibile limitata sulla sua piastra, può desiderare di limitare i propri motivi a 16 possibili chiavi e potrà quindi usare una codifica dove la metà sinistra di ogni byte rappresenta la durata e la parte destra rappresenta le note.

Qui suoneremo semplici motivi e useremo una semplice tecnica di codifica, dove un intero byte è riservato alla durata ed un altro alla frequenza della nota. Tre esempi, una Sonatina di Mozart, una Corale di Bach e una canzone popolare dei bambini, sono riportati in Figura 4-60, 4-61 e 4-62.

Indirizzo	Durata	F	Note	
00	09	20	*la*	A
2	04	4F	*do#*	C#
4	04	6B	*mi*	E
6	05	12	sol#	G#
8	01	20	*la*	A
A	01	39	*si*	B
C	0F	20	*la*	A
E	02	00		
12	09	7C	*fa#*	F#
12	04	6B	*mi*	E
14	04	91	*la*	A
16	04	6B	*mi*	E
18	04	59	*re*	D
1A	09	4F	*do#*	C#
1C	00	00		
1E				
20				

Figura 4-60: Sonatina di Mozart

Il diagramma di flusso per il corrispondente programma musicale è riportato in Figura 4-63 ed il programma appare in Figura 4-64.

Un timer a 0,1 secondo è una semplice subroutine preliminare che genererà un ritardo di 0,1 secondi (vedi Figure 4-58, 4-59).

Indirizzo	Durata	F	Note
00	88	44	*do* C
02	06	59	*ré* D
04	06	6B	*mi* E
06	88	83	*sol* G
08	06	74	*fa* F
A	06	74	*fa* F
C	88	91	*la* A
E	06	83	*sol* G
10	06	83	*sol* G
12	88	A3	*do* C
14	06	9E	*si* B
16	06	A3	*do* C
18	06	83	*sol* G
1A	06	6B	*mi* E
1C	06	44	*do* C
1E	88	59	*ré* D
20	06	6B	*mi* E
22	06	20	*la* A
24	88	83	*sol* G
26	06	74	*fa* F
28	06	6B	*mi* E
2A	88	59	*ré* D
2C	06	44	*do* C
2E	06	04	*sol* G
30	06	44	*do* C
32	88	39	*si* B
34	06	44	*do* C
36	06	6B	*mi* E
38	06	83	*sol* G
3A	0E	A3	*do* C
3C	0E	44	*do* C
3E	00	00	

Figura 4-61: Corale di Bach

Indirizzo	Durata	F	Note
0	04	44	*do* C
2	04	44	*do* C
4	04	44	*do* C
6	04	59	*ré* D
8	09	6B	*mi* E
A	09	59	*ré* D
C	04	44	*do* C
E	04	6B	*mi* E
10	04	59	*ré* D
12	04	59	*ré* D
14	09	44	*do* C
16	10	00	
18	04	44	*do* C
1A	04	44	*do* C
1C	04	44	*do* C
1E	04	59	*ré* D
20	09	6B	*mi* E
22	09	59	*ré* D
24	04	44	*do* C
26	04	6B	*mi* E
28	04	59	*ré* D
2A	04	59	*ré* D
2C	09	44	*do* C
2E	00	00	

Figura 4-62: "Al Chiaro di Luna"

ESERCIZIO 4-10: *Verificare se la subroutine implementa esattamente un ritardo di 0,1 secondi. Verificare la durata di ogni istruzione e il numero di volte che il loop viene eseguito. Calcolare il corrispondente ritardo.*

CONTROLLO DEL TRAFFICO CON IL KIM

In Figura 4-66 è riportato un possibile collegamento per la simulazione di un controllo del traffico. Esso è munito di interruttori in ogni direzione, i quali saranno usati per indicare la presenza di una macchina o anche una chiamata pedonale

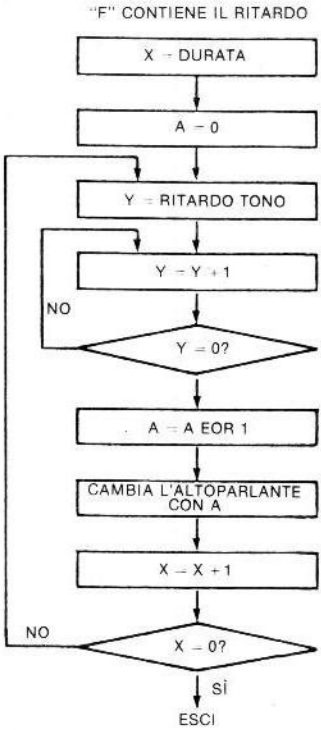


Figura 4-63: Diagramma di flusso di Generazione del Suono

```
                    ;***** PLAY A TUNE *****
                    PA        =$1700
                    PAD       =$1701
                    TIMER     =$1707
                              .=00
                    ADDRS     .=.+2
                    TEMP      .=.+1
                    YSAVE     .=.+1
                    F         .=.+1
                    ;
                              .=$10
0010: A9 31         TIME20    LDA #$31
0012: 8D 07 17                STA TIMER
0015: 2C 07 17      T1        BIT TIMER
0018: 10 FB                   BPL T1
001A: CA                      DEX
001B: D0 F3                   BNE TIME20
001D: 60                      RTS
```

Figura 4-64: Suono di un Accordo

```
                        ;
                                .=$20
0020: 84 03     FREQT   STY YSAVE
0022: 85 04             STA F
0024: A9 31     FT0     LDA #$31
0026: 8D 07 17          STA TIMER       :PARTENZA TIMER (1/20 SEC.)
0029: A4 04     FT1     LDY F
002B: C8        FT2     INY
002C: D0 FD             BNE FT2
002E: EE 00 17          INC PA          :COMMUTA L'ALTOPARLANTE
0031: 2C 07 17          BIT TIMER       :È PASSATO IL TEMPO?
0034: 10 F3             BPL FT1         :NO: VA AVANTI
0036: CA        FT3     DEX
0037: D0 EB             BNE FT0
0039: A4 03             LDY YSAVE
003B: 60                RTS
                        ;
                                .=$40
0040: A2 0F     START   LDX #$0F
0042: 9A                TXS
0043: A9 00             LDA #$00
0045: 8D FA 17          STA $17FA
0048: 8D FE 17          STA $17FE
004B: A9 1C             LDA #$1C
004D: 8D FB 17          STA $17FB
0050: 8D FF 17          STA $17FF       :VETTORE DI INTERRUPT
0053: A9 01             LDA #$01
0055: 8D 01 17          STA PAD         :PAO È UN'USCITA
0058: A0 00     DACAPO  LDY #$00
005A: B1 00     NEXT    LDA (ADDRS),Y
005C: 85 02             STA TEMP
005E: 29 7F             AND #$7F
0060: AA                TAX             :DURATA
0061: F0 F5             BEQ DACAPO
0063: C8                INY
0064: B1 00             LDA (ADDRS),Y
0066: F0 10             BEQ TONE
0068: 20 20 00          JSR FREQT
006B: 24 02             BIT TEMP
006D: 30 05             BMI AFTER
006F: A2 02             LDX #$02
0071: 20 10 00          JSR TIME20
0074: C8        AFTER   INY
0075: 4C 5A 00          JMP NEXT
0078: 20 10 00  TONE    JSR TIME20
007B: F0 F7             BEQ AFTER

SYMBOL TABLE:
 PA          1700        PAD         1701        TIMER       1707
 ADDRS       0000        TEMP        0002        YSAVE       0003
 F           0004        TIME20      0010        T1          0015
 FREQT       0020        FT0         0024        FT1         0029
 FT2         002B        FT3         0036        START       0040
 DACAPO      0058        NEXT        005A        AFTER       0074
 TONE        0078
```

Figura 4-64: Suono di un Accordo (continua)

ESERCIZIO 4-11: *Scrivere un programma di controllo del traffico che rispetti le seguenti specifiche:*

- *Durata minima del giallo: 3 secondi*
- *Quando è rilevata la presenza di un'automobile (mantenendo premuto uno degli interruttori) estendere la durata del verde di tre secondi.*
- *Massima durata del verde in ogni direzione: 2 minuti, se c'è una richiesta nella direzione opposta.*
- *Lampeggio del semaforo durante la notte (un'indicazione della notte è data da un interruttore separato).*
- *Un possibile diagramma di flusso per questo programma è riportato in Figura 4-65. Scrivere il corrispondente programma.*

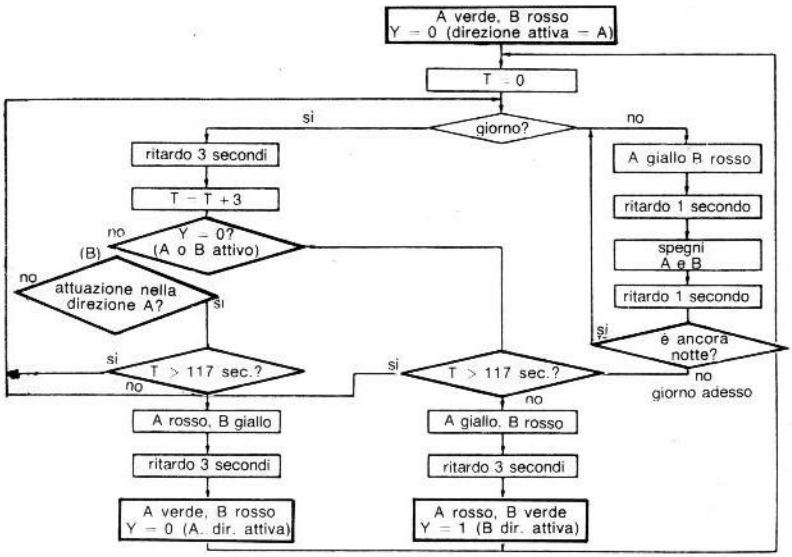


Figura 4-65: Diagramma di flusso del Traffico

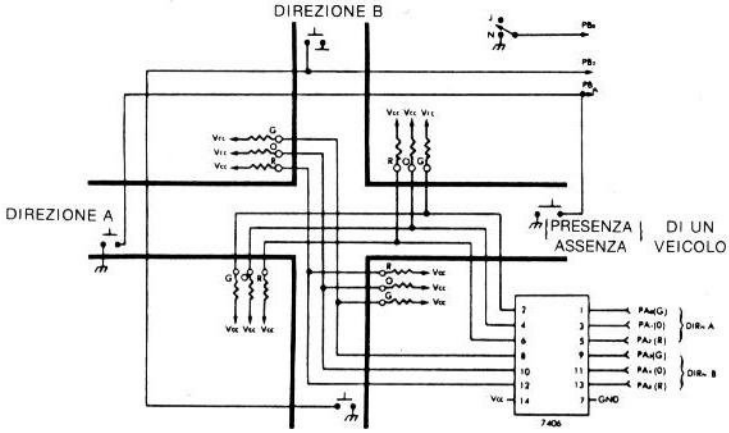


Figura 4-66: Controllore del Traffico

STUDIO DELLA TABELLA DI MOLTIPLICAZIONE

Come esercizio finale, tale programma insegnerà la tabella della moltiplicazione. Il programma farà lampeggiare un LED o l'altoparlante n volte, con n compreso fra 1 e 10, poi aspetterà 2 secondi, e lampeggerà ancora p volte, con p compreso fra 1 e 10.

L'utilizzatore deve poi pigiare n volte un interruttore a pulsante per inserire la sua risposta. Un consenso sonoro può essere fornito dall'altoparlante. L'utilizzatore termina la sua riposta non pigiando l'interruttore per 3 o più secondi. Se la risposta era corretta, il LED resterà acceso per cinque secondi. Se la risposta non era corretta il LED lampeggerà.

ESERCIZIO 4-12: *Progettare il flow-chart corrispondente e scrivere il programma (Questo programma è semplice ma un po' più lungo di molti dei precedenti. Se si vuole veramente la risposta, questa è riportata in Appendice B).*

SOMMARIO

Si sono ora collegati semplici dispositivi d'ingresso-uscita ad un sistema 6502. Abbiamo imparato a realizzare semplici interfacce hardware e come sviluppare semplici applicazioni software per rilevare e controllare un ambiente esterno. Sebbene la complessità delle applicazioni qui presentate è stata limitata, si possono sviluppare applicazioni più complesse usando lo stesso semplice hardware. Siamo ora pronti a continuare con programmi e interfacce più complesse nel capitolo 5: Applicazioni Industriali ed Home.

CAPITOLO 5

APPLICAZIONI INDUSTRIALI E DOMESTICHE

INTRODUZIONE

Nel Capitolo 4 sono stati presentati gli artifici di base per la connessione di semplici dispositivi alla scheda microcomputer, basata sul 6502, e per lo sviluppo delle applicazioni software fondamentali. Nel corso di questo capitolo verranno interfacciati alla scheda del 6502 dei dispositivi più complessi e verranno sviluppate delle applicazioni software di complessità crescente. Le applicazioni presentate sono tipicamente delle situazioni di controllo industriale ed home. Nel capitolo successivo, le periferiche del microcomputer saranno interfacciate alla scheda del 6502.

Una simulazione del controllo del traffico sarà la prima applicazione presentata. I semafori saranno simulati da LED, assemblati sulla scheda e verranno sviluppati dei programmi di applicazione di complessità crescente. La presenza di automobili sarà rivelata da rivelatori ad anello, normalmente incassati nell'asfalto, qui simulati da interruttori a pulsante. Le conoscenze richieste per lo sviluppo di queste interfacce hardware e software sono quelle richieste da un effettivo sistema di controllo industriale.

Successivamente verrà interfacciata al sistema una matrice LED di 5 x 7 punti. Si tratta di una tecnica spesso impiegata nel display di dati. Le matrici di punti vengono utilizzate normalmente, non per i LED, ma per rappresentare caratteri su uno schermo televisivo, oppure su una stampante a matrice di punti. Questa matrice di punti verrà utilizzata per mostrare le posizioni effettive degli interruttori, così come sono rivelati dalla scheda 6502.

Inoltre verranno generati dei toni con un altoparlante per sviluppare semplici programmi per generare della musica. L'insieme di interruttori verrà impiegato per indicare la nota che si vuole eseguire. L'esperienza acquisita nel controllo del suono dell'altoparlante verrà utilizzata dal programma successivo per generare il suono di una sirena.

Il successivo programma di applicazione realizza un sistema di allarme contro scassinatori per una casa oppure un fabbricato. Un raggio luminoso verrà impiegato come dispositivo di rivelazione di un eventuale intruso. Ogni interruzione del raggio di luce farà scattare l'allarme, mettendo in funzione l'altoparlante. Per esercizio saranno proposti numerosi miglioramenti addizionali.

Quindi si controllerà con il computer la velocità di un comune motore in c.c. e si noterà che è molto semplice controllare la velocità di un motore con tecniche digitali. Verranno presentate queste tecniche e l'interfaccia hardware richiesta.

Nell'applicazione successiva si connetterà alla scheda microprocessore un dispositivo sensore di calore e la misura di temperatura verrà rivelata come suono udibile. A temperatura più alta corrisponderà una maggiore altezza del tono. Questo introdurrà il concetto di conversione analogico - digitale e quindi verranno presentate le tecniche effettive, hardware e software, coinvolte in questa conversione.

Il lettore verrà incoraggiato alla realizzazione effettiva della scheda di applicazioni #2 richiesta dal programma di questo capitolo. Tutti i componenti impiegati in questa scheda sono di basso costo e normalmente disponibili in un negozio di componenti elettronici (probabilmente

eccetto il convertitore digitale-analogico che può essere ordinato da un distributore). Le Figure 5-1, 5-2 e 5-3 mostrano le fotografie delle schede reali.

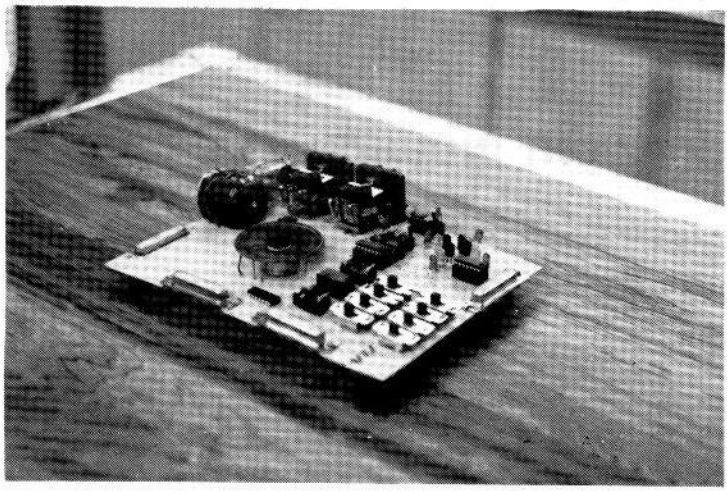


Figura 5-1: La Scheda di Applicazione #2

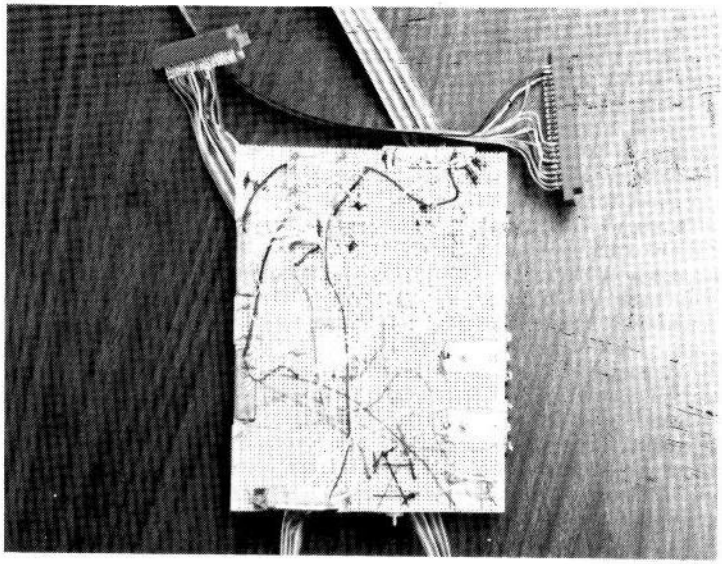


Figura 5-2: Il retro mostra i Collegamenti wire-wrap

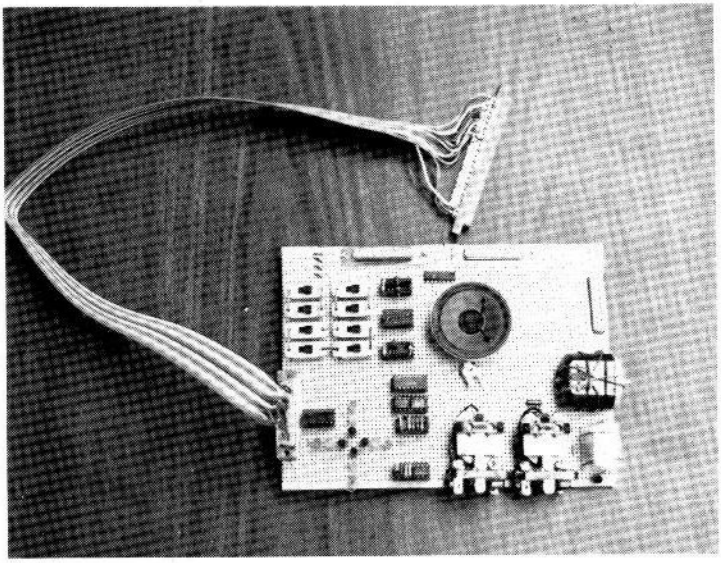


Figura 5-3: Connessione alla scheda dei Cavi di Applicazione

In vista del limitato numero di porte, normalmente disponibili sull'uscita della scheda microprocessore, verranno installati quattro connettori, contrassegnati H1, H2, H3 ed H4 che saranno posizionati sulla scheda stessa per facilitare le connessioni e per evitare ricuciture tra programmi. Questi connettori sono stati progettati per accoppiarsi direttamente ai cavi di connessione esterna SYM ma potrebbero essere facilmente adattati all'uscita di altre schede microcomputer. Per ogni applicazione sarà necessario inserire uno o due dei cavi di uscita provenienti dalla scheda ai connettori corrispondenti mostrati sulla scheda delle applicazioni. I dettagli di ogni applicazione saranno indicati all'inizio dell'applicazione stessa.

La disposizione dei componenti per la scheda è mostrata in Figura 5-4. Invece i dettagli dei connettori sono riportati nelle Figure 5-5A e B. I dettagli di ogni connessione sono riportati in corrispondenza del paragrafo relativo.

Per la connessione dei terminali ai pin sul retro della scheda è stata impiegata una tecnica wire-wrap, come mostrato in Figura 5-2. Naturalmente è possibile saldare i fili. Non si trascurino le comuni precauzioni per la manipolazione dei circuiti LSI: tutti gli strumenti (compresi voi stessi) devono essere collegati a terra. Infine il potenziometro trimmer (resistore variabile), connesso in serie all'altoparlante, non dovrebbe essere posto a zero. In caso affermativo il potenziometro potrebbe bruciare all'atto di applicazione dell'alimentazione all'altoparlante, nel caso di una scheda simile alla SYM, dove l'altoparlante verrà connesso ad una delle uscite buffered (inoltre si può bruciare il transistore d'uscita). Per questo motivo si raccomanda di inserire un resistore addizionale in serie all'altoparlante.

Lo scopo di questo capitolo è di insegnare le applicazioni tecniche effettive che consentano di sviluppare applicazioni home di notevole complessità o di risolvere problemi di controllo industriale in un ambiente reale. Alla fine di questo capitolo si saranno acquisiti tutti gli artifici di

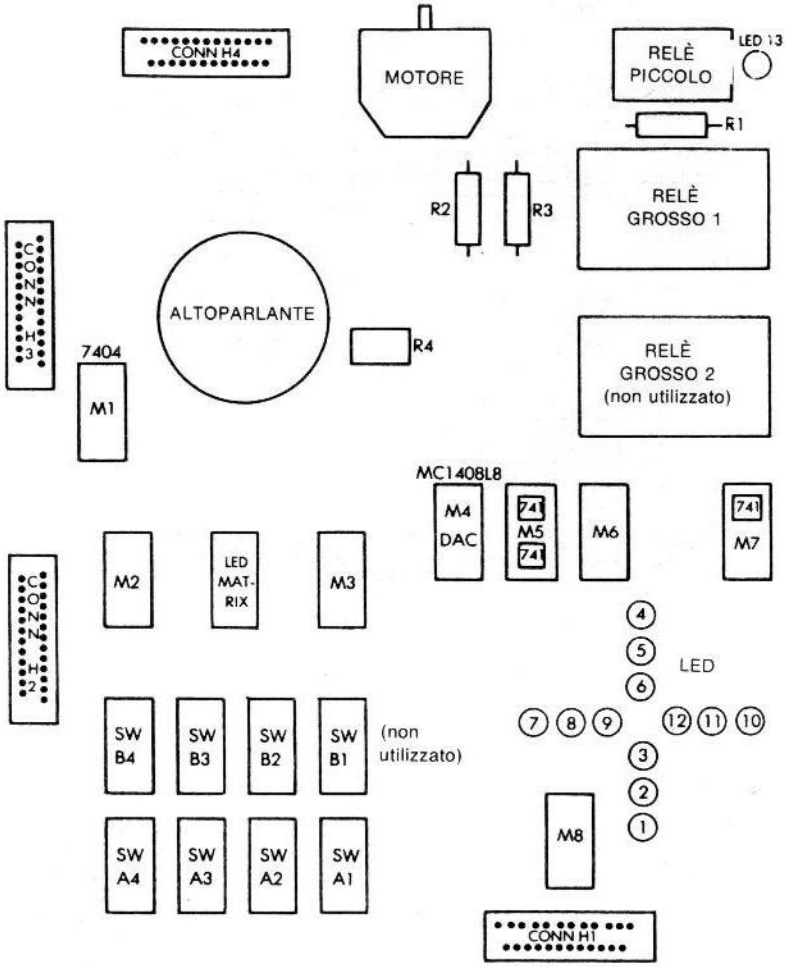


Figura 5-4: Layout della scheda

base richiesti per uno sviluppo indipendente di applicazioni complesse. Se si dovessero incontrare problemi specifici di interfacciamento si faccia riferimento a "Tecniche di interfacciamento dei microprocessori" Codice 3148.

NOTA IMPORTANTE: *Per impiegare più di una linea di ingresso-uscita, si opera il by-pass del transistor 1 (più al centro) delle quattro porte buffered del SYM.*

I programmi presentati in questo capitolo sono stati progettati per essere migliorati. Il lettore accorto noterà che sono possibili molti miglioramenti per quanto concerne lo stile. Tali miglioramenti sono proposti e descritti nella parte di esercizi riportata alla fine di ogni applicazione. Nella lettura dei programmi si suggerisce di osservare i miglioramenti possibili. Comunque so-

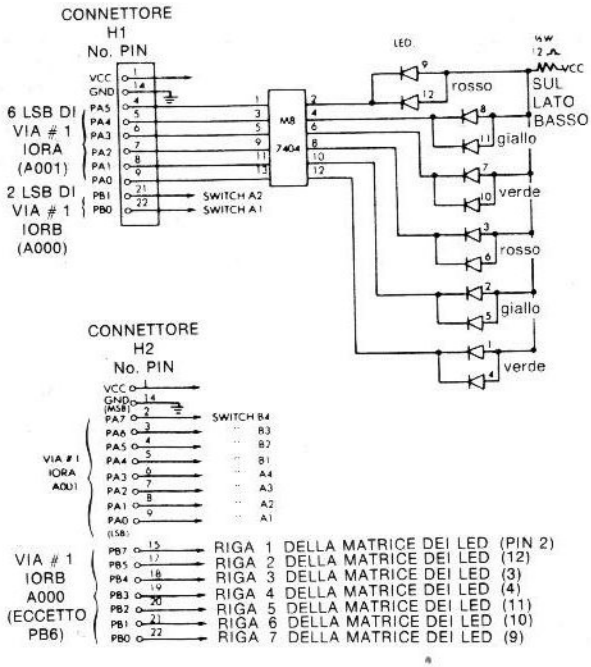


Figura 5-5A: Connettori H1 ed H2

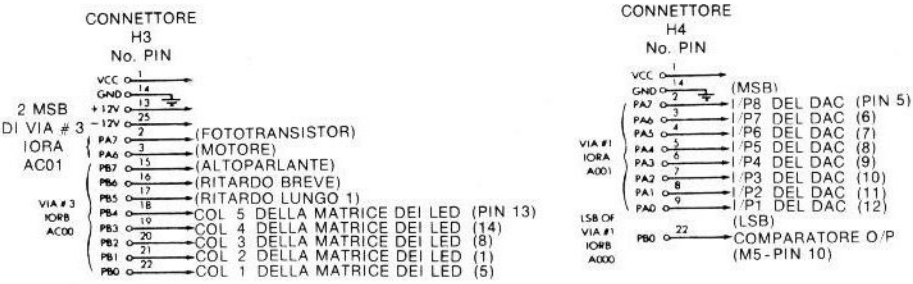


Figura 5-5B: Connettori H3 ed H4

lo al capitolo successivo verranno presentati programmi ottimizzati, una volta che saranno risolti tutti i problemi.

Inoltre, nel corso del capitolo, verrà proposto un grande numero di esercizi. Si raccomanda vivamente di risolvere la maggior parte di questi esercizi sia su carta che su una scheda microcomputer. Essi sono stati accuratamente preparati per assicurare che i concetti presentati nei capitoli precedenti siano effettivamente assimilati e che essi possano essere utilizzati in modo creativo. Se si è in grado di risolvere gli esercizi senza consultare il libro significa che si è effettivamente imparato a risolvere i problemi applicativi.

UN SISTEMA DI CONTROLLO DEL TRAFFICO

Si intendono sviluppare dei programmi per il controllo di un incrocio simulato. La Figura 5-6 riporta lo schema dell'incrocio. Esistono due direzioni di flusso del traffico, indicate con A e B, che nel gergo di controllo del traffico vengono chiamate "fasi". I due semafori di entrambe le direzioni di una fase, per esempio dell'arteria A, mostreranno contemporaneamente lo stesso colore (verde, giallo o rosso). Analogamente per gli altri due semafori della fase B. Questi quattro semafori saranno simulati su una scheda da quattro insiemi di LED verdi, gialli e rossi. Inoltre si assumerà che i rivelatori di veicolo ad anello siano incassati nell'asfalto nelle quattro posizioni contrassegnate A-1, A-2, B-1 e B-2 nello schema di Figura 5-6. Essi verranno chiamati "rivelatori ad anello" e la loro funzione verrà spiegata in seguito.

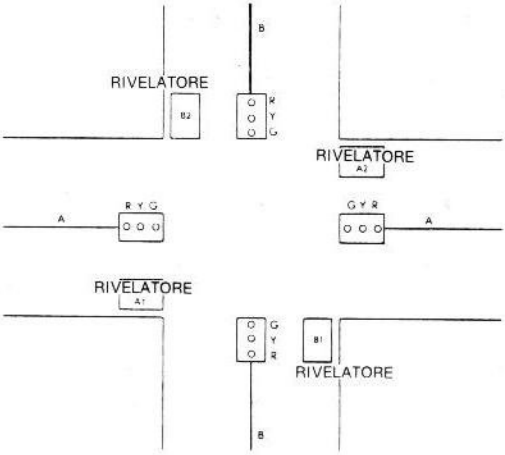


Figura 5-6: Il Sistema di Controllo del Traffico

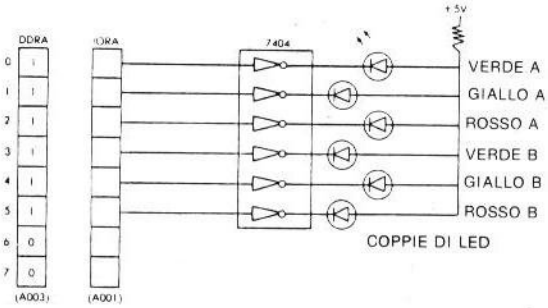


Figura 5-7: Connessione dei LED

Preliminarmente si esamini la connessione hardware del "semaforo" simulatore (di LED) al sistema microprocessore. Con riferimento alla Figura 5-7, è stato connesso un driver 7404 al registro IORA del 6522 =1. Le coppie di LED sono riportate sulla destra dell'illustrazione. Per motivi di chiarezza viene riportato solo un LED per ogni linea. Infatti su ogni linea in realtà sono due semafori per ogni fase. La connessione effettiva è riportata in Figura 5-8. Per assegnare i 6 bit di basso ordine di IORA all'uscita, il registro di direzione DDRA, che appare alla sua sinistra, sarà caricato con la struttura di bit "00111111". È necessario un driver (il 7404) per fornire la corrente sufficiente ad illuminare i LED.

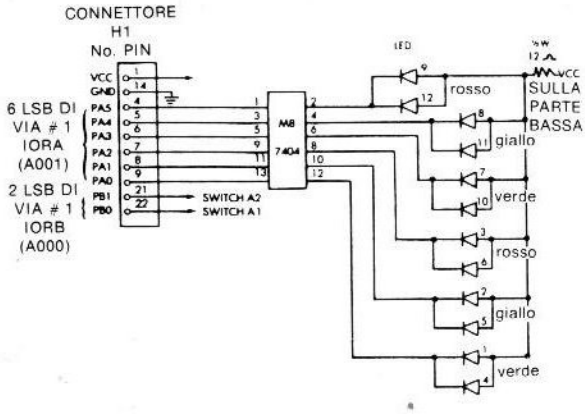


Figura 5-8: Connessione reale dei LED

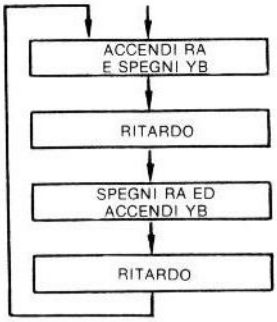


Figura 5-9: Funzionamento Notturno

Si svilupperanno ora i programmi per diversi algoritmi di controllo del traffico. Si possono distinguere due casi fondamentali: il funzionamento notturno (semafori lampeggianti) ed il funzionamento durante il giorno.

(Connessione: connettore A al connettore H1-)

```
0100   A9   3F        NIGHT   LDA   #$3F    *
0102   8D   03   A0          STA   $A003    Poni VIA #1 DDRA = 3F per il modo di uscita
0105   AS   02        NIT2    LDA   #$02
0107   8D   01   A0          STA   $A001    Accendi il giallo in una direzione
A10A   A9   FC               LDA   $FC      -conteggio.
010C   85   00               STA   $00      Poni conteggio di DLYA = $FC (cioè -4) nella
                                            locazione $0000
010E   20   20   01          JSR   DLYA    Chiama DLYA
0111   A9   20               LDA   #$20
0113   8D   01   A0          STA   $A001    Accendi la luce verde nell'altra direzione
0116   A9   FC               LDA   #$FC
0118   85   00               STA   $00      Poni conteggio di DLYA = $FC alla locazione
                                            $0000
011A   20   20   01          JSR   DLYA    Chiama DLYA
011D   4C   05   01          JMP   NIT2    Ripeti
```

Subroutine DLYA: Questa subroutine preleva l'indice dalla locazione 0000, opera finchè questo indice non è stato incrementato da un valore negativo pre-impostato al valore 0. L'indice pre-impostato viene impiegato per controllare la lunghezza del ritardo.

```
0120   A2   9D        DLYA    LDX   #$9D
0122   A0   71        LPXA    LDY   #$71
0124   C8             LPYA    INY
0125   C0   00                CPY   #$00     Ciclo di ritardo interno
0127   30   FB                BMI   LPYA     Ciclo di ritardo esterno
0129   E8                     INX
012A   E0   00                CPX   #$00
012C   30   F4                BMI   LPXA
012E   E6   00                INC   $00      Incrementa il conteggio del ritardo ogni volta
                                             che è completato il ciclo di ritardo esterno
0130   A5   00                LDA   $00
0132   C9   00                CMP   #$00
0134   30   EA                BMI   DLYA     Ricicla finché l'indice è uguale a 0
0136   60                     RST
```

Figura 5-10: Simulazione del semaforo: Modo Notturno (Programma 5-1)

Funzionamento notturno

Si tratta del funzionamento più semplice: i semafori lampeggiano rosso in una direzione e giallo nell'altra. Questa strategia di controllo viene impiegata per gli incroci isolati a basso livello di traffico notturno. La Figura 5-9 riporta il diagramma di flusso corrispondente a questo algoritmo. Si assume che il rosso di una direzione ed il giallo dell'altra siano accesi e spenti contemporaneamente. Essi sono mantenuti accesi o spenti per un tempo fisso chiamato "DELAY". La Figura 5-10 riporta il programma corrispondente a questo diagramma di flusso. Si tratta di un programma principale chiamato "NIGHT" e di una subroutine di ritardo chiamata "DLYA". Si osservi il programma.

Con riferimento alla Figura 5-7, il registro di Direzione Dati del 6522 #1 deve prima essere configurato correttamente in modo che i sei bit di basso ordine di IORA siano le uscite che pilotano i LED. Questo DDRA si trova nella locazione di memoria A003 ed IORA nella locazione A001 (con riferimento alla Figura 3-6 della mappa di memoria del 6522).

Le prime due istruzioni caricano i contenuti richiesti nel Registro di Direzione Dati:

```
NIGHT    LDA    #$3F
         STA    $A003     PONI DDRA
```

Quindi occorre depositare semplicemente la struttura appropriata nel registro IORA per ac-

cendere o spegnere i LED richiesti. La struttura richiesta per l'indirizzamento di ogni coppia di LED è riportata in Figura 5-11.

BINARIO	ESADEC.	SEMAFORO
00000001	01	VERDE A
00000010	02	GIALLO A
00000100	04	ROSSO A
00001000	08	VERDE B
00010000	10	GIALLO B
00100000	20	ROSSO B

Figura 5-11: Schema per indirizzare le coppie di LED

Le due righe successive del programma accendono il giallo per A depositando il valore esadecimale "02" nel registro IORA.

```
NIT2    LDA     #02
        STA     $A001       PONI IORA
```

Si deve quindi realizzare un ritardo. Il valore del ritardo viene caricato nell'accumulatore e quindi memorizzato alla locazione di memoria «00» dove sarà prelevato dalla routine di ritardo. Si verifica quindi un salto della subroutine a DLYA.

```
        LDA     #$FC
        STA     $00
        JSR     DLYA
```

Una volta trascorso il ritardo specificato, il valore esadecimale "20" viene depositato in IORA. Questo farà spegnere il giallo nella direzione A ed accendere contemporaneamente il rosso nella direzione B. Come prima la durata del ritardo viene caricata nella locazione di memoria "0" e si verifica un nuovo salto alla subroutine DLYA:

```
        LDA     #$20
        STA     $A001
        LDA     #$FC
        STA     $00
        JSR     DLYA
```

Infine, dopo un ritardo ben preciso, il programma ritorna alla locazione NIT2 dove accende YA e spegne RB:

```
        JMP     NIT2
```

A questo punto il funzionamento del programma è completamente definito. Si esamini la subroutine di ritardo: il ciclo di ritardo inizia col caricamento di un registro o di una locazione di memoria con un valore opportuno e quindi si esegue l'incremento o decremento fino a raggiungere un valore fisso. Poichè si presume che il lettore abbia familiarità con la tecnica di decremento si utilizzerà di seguito la tecnica alternativa dell'incremento. Comunque essa richiede qualche istruzione in più. In un esercizio, riportato alla fine del paragrafo, si suggerirà un miglioramento. La Figura 5-12 riporta la routine di ritardo. Poichè il ritardo da realizzare è dell'ordine delle decine di secondi, non può essere realizzato con un ciclo singolo. Un ciclo di ritardo singolo carica un registro con il valore 255 (esadecimale FF) e lo incrementa o decrementa. Il ritardo risultante non è sufficiente. Per la realizzazione di ritardi più lunghi si utilizzeranno dei cicli annidati: un ciclo di ritardo interno ed almeno un ciclo esterno, che verrà eseguito ogni

volta che si esce dal ciclo interno. Si osservi il programma: il registro X viene utilizzato come contatore del ciclo esterno. Esso viene caricato con il valore esadecimale 9D. Questo valore verrà giustificato in seguito:

```
DLYA    LDX     #$9D
```

La seconda istruzione del programma carica il registro X con il valore esadecimale 71. Y è il contatore del ciclo interno:

```
LPXA    LDY     #$71
```

Le tre istruzioni successive realizzano il ciclo di ritardo interno:

```
LPYA    INY
        CPY     #$00
        BMI     LPYA
```

Y viene incrementato finchè non raggiunge il valore 0. Ogni volta che si esce dal ciclo di ritardo interno (cioè che Y raggiunge il valore 0) il contatore esterno X viene incrementato. Questa è la sesta istruzione del programma:

```
        INX
```

Ogni volta che X viene incrementato, viene confrontato con il valore 0 e, non appena si raggiunge questo valore, si ritorna indietro a LPXA cioè all'inizio del ciclo di ritardo interno:

```
        CPX     #$00
        BMI     LPXA
```

Alla fine il ritardo risultante sarà dato dal numero di esecuzioni del ciclo interno per quello del ciclo esterno.

Ogni volta che si esce dal ciclo esterno, il contatore di ritardo globale, alla locazione 00 viene incrementato di una unità:

```
        INC     $00
```

Questo è un terzo ciclo di ritardo. I contenuti della locazione di memoria 00 vengono confrontati con 00 ogni volta che vengono incrementati. Quando si raggiunge il valore 00 si esce dalla routine. In questo caso si ritorna indietro alla locazione DLYA, cioè all'inizio del ciclo precedente di ritardo per eseguire ancora la procedura:

```
        LDA     $00
        CMP     #$00
        BMI     DLYA
        RTS
```

La Figura 5-12 mostra la struttura globale del programma, con i suoi tre cicli di ritardo annidati e la sequenza delle istruzioni. Il ritardo globale è uguale al prodotto dei contenuti della locazione di memoria 00 per il numero di esecuzioni del ciclo interno per quelle del ciclo esterno. Si vuole calcolare la durata del ciclo totale con riferimento alla sequenza delle istruzioni riportata in Figura 5-12. Si consideri il ciclo interno: ogni volta vengono eseguite tre istruzioni impieganti sette microsecondi. Per semplicità si supponga di richiedere al ciclo interno di generare un ritardo di circa 1 millisecondo. Il ciclo esterno #1 genererà un ritardo di 100000 microsecondi (0,1 sec).

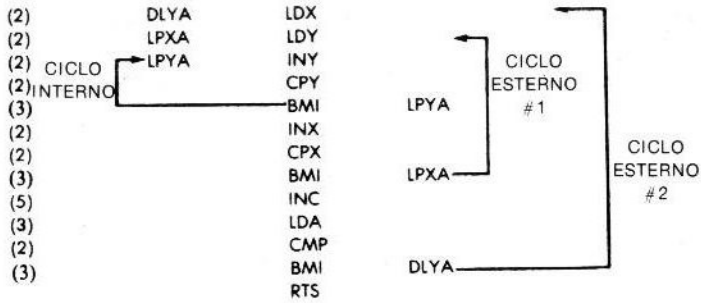


Figura 5-12: Disposizione dei Cicli

Si inizi con il valore "80" nel registro Y (valore esadecimale). Questo numero, in binario, equivale a 128, la metà del campo che può essere ottenuto con 8 bit. Eseguendo il ciclo interno si incrementerà Y 128 volte. La durata totale del ciclo sarà perciò 7 × 128 = 896 microsecondi. Poichè si vuole ottenere un ritardo di circa 1·024 microsecondi, è necessario modificare il valore caricato nel registro Y. Si vuole calcolare il valore N tale che N × 7 = 1000. N deve perciò essere uguale a 1000 ÷ 7 = 142,86. L'intero più vicino è 143. Poichè, in questa particolare subroutine di ritardo, stiamo incrementando il valore contenuto in Y, invece di decrementarlo, vogliamo caricare in Y il valore 256 − 143 = 113 in decimale, ovvero 71 in esadecimale.

Calcoliamo ora la durata del ritardo introdotto dal ciclo di ritardo più esterno #1. Un attraversamento del ciclo di ritardo più esterno genererà un ritardo uguale alla durata della prima istruzione del programma (di indirizzo DLYA) più la durata del ciclo di ritardo più interno, più le tre istruzioni successive fino a comprendere la diramazione BMI LPXA. La durata vale:

$$2 + 7 \times 143 + 7 = 1010 \text{ microsecondi}$$

Noi vogliamo realizzare, con questo ciclo di ritardo più esterno, un ritardo di 0,1 secondi, cioè 100000 microsecondi. Quindi il numero di volte P che si deve eseguire questo ciclo sarà tale che 1010 × P = 100000. P deve perciò essere uguale a 100000 ÷ 1010 = 99.

Inoltre, poichè stiamo realizzando una tecnica di incremento, il numero posto in X deve essere tale che esso venga incrementato esattamente 99 volte prima di diventare "00". Il numero da caricare in X deve perciò essere uguale a 256 − 99 = 157 in decimale, ovvero 9D in esadecimale. Verifichiamo ora la durata del ritardo realizzato complessivamente. Il ritardo del ciclo più esterno è uguale a 99 × 1010 = 99990 microsecondi. Le quattro istruzioni che rimangono da eseguire alla fine della subroutine DLYA rappresentano una durata di 5 + 3 + 2 + 3 = 13 microsecondi. Per la prima istruzione di DLYA devono esser sommati 2 μs.

Il ritardo totale prodotto da un attraversamento completo di DLYA è perciò 99990 + 15 = 100005 microsecondi. Questo rappresenta un valore molto vicino al ritardo di 0,1 secondi.

NOTA: *Si ricordi che questa subroutine utilizza una tecnica* di incremento. *Il numero da caricare nella locazione di memoria 00 determinerà il numero di decimi di secondo del ritardo che la subroutine introdurrà. Comunque il numero da caricare nella locazione 00 sarà il* complemento *del numero effettivo di decimi di secondo poichè esso viene* incrementato *finchè non raggiunge 0. In altre parole, per ottenere un ritardo di 0,4 secondi, non si deve caricare il valore 4 nella locazione 00 ma il valore 256 − 4 = 252 in decimale, o FC esadecimale. Questo è ciò che è stato eseguito nel programma di Figura 5-10 (algoritmo del funzionamento notturno).*

Si vuole ora migliorare questa routine di ritardo.

ESERCIZIO 5-1: *Si riscriva la subroutine di ritardo utilizzando una tecnica di decremento invece di quella di incremento. Si ricalcolino i numeri da caricare in X ed Y in modo che il ritardo risultante generato dalla subroutine sia approssimativamente 0,1 secondi. Qual è il vantaggio dell'impiego di una tecnica di decremento rispetto a quella di incremento.*

ATTENZIONE: *Se si decide di utilizzare una tecnica di incremento per la generazione del ritardo non si dimentichi di cambiare la locazione 09FC della memoria. Infatti prima di richiamare questa routine occorre caricare una costante diversa.*

ESERCIZIO 5-2: *Si modifichi il programma in modo che il semaforo lampeggi ogni secondo. Inoltre si abbrevi il programma impiegando EOR per commutare il semaforo da una configurazione ad un'altra.*

Modo giorno

In questo modo ogni semaforo commuta tra verde, giallo e rosso con una sequenza consueta. Mentre nella direzione A c'è verde o giallo, nella direzione B è rosso e viceversa. La Figura 5-13 riporta il diagramma di flusso corrispondente all'algoritmo di controllo. Le frecce sulla destra del diagramma di flusso indicano la durata di accensione di ogni luce. Se si chiama D1 la durata del verde e D2 la durata del giallo per la direzione A, D3 e D4 rispettivamente le durate del verde e del giallo per B, si può vedere dall'analisi del diagramma, che la durata totale di un ciclo è D1 + D2 + D3 + D4.

In un incrocio reale questi ritardi sono imposti da vincoli ben precisi. In particolare la durata del ciclo è normalmente compresa tra uno e due minuti. Il massimo è imposto dal fatto che gli automobilisti non possono tollerare una durata del rosso di oltre due minuti in qualsiasi direzione. Inoltre gli altri ritardi sono imposti dal tempo necessario ad un veicolo o ad un pedone per attraversare l'incrocio. Il periodo del giallo è anche denominato tempo di sgombero per indicare il tempo necessario ad un'automobile per sgomberare l'incrocio. Il limite minimo del verde è imposto dalla presenza o meno di pedoni. Se dei pedoni possono attraversare l'incrocio la durata minima del verde deve essere tale che essi possano attraversare con sicurezza l'incrocio. Per esempio, la durata del rosso nella direzione B, è uguale a D1 + D2. Se si assume che la durata minima del giallo, nella direzione A sia di 3 secondi, si può vedere dalla Figura 5-13 che la durata minima del rosso nella direzione B è 10 secondi e quindi che la durata minima del verde nella direzione A è D1 = 10 − 3 = 7 secondi. Matematicamente:

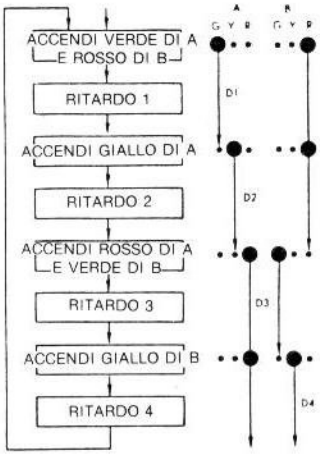


Figura 5-13: Modo Giorno (i comandi non indicati sono spenti)

Se si pone:

VERDE A = D1
GIALLO A = D2
VERDE B = D3
GIALLO B = D4

Allora:

ROSSO A = D3 + D4
ROSSO B = D1 + D2

In generale il ciclo è fissato e D1 + D2 + D3 + D4 = COSTANTE.

Nel nostro programma si utilizzeranno cicli più veloci di quelli reali. Questo semplicemente perché è spiacevole aspettare uno o due minuti per osservare il funzionamento corretto del semaforo. Per scopi pratici è desiderabile avere un ciclo della durata di 10 ÷ 20 secondi, così da controllarlo in modo comodo. Il lettore dovrebbe avere acquisito tutti gli artifici per regolare facilmente il ritardo in modo che il suo microcomputer possa essere connesso ad un incrocio reale. La Figura 5-14 riporta il programma.

```
0140  A9  3F        DAY     LDA   #$3F
0142  8D  03  A0            STA   $A003   Poni VIA #1 DDRA = $3F nel modo di uscita
0145  A9  21        ONDAY   LDA   #$21
0147  8D  01  A0            STA   $A001   Accendi il verde ed il rosso in due direzioni
014A  A9  D0                LDA   #$D0
014C  85  00                STA   $00     Poni conteggio di DLYA = $D0 alla locazione
                                          $0000
014E  20  20  01            JSR   DLYA    Richiama ritardo
0151  A9  22                LDA   #$22    Accendi giallo e rosso
0153  8D  01  A0            STA   $A001
0156  A9  EA                LDA   #$EA
0158  85  00                STA   $00     Poni conteggio di DLYA = $EA
015A  20  20  01            JSR   DLYA    Chiama ritardo
015D  A9  0C                LDA   #$0C    Accendi rosso e verde
015F  8D  01  A0            STA   $A001
0162  A9  D0                LDA   #$D0
0164  85  00                STA   $00     Poni indice di DLYA = $D0
0166  20  20  01            JSR   DLYA    Chiama ritardo
0169  A9  14                LDA   #$14    Accendi rosso e giallo
016B  8D  01  A0            STA   $A001
016E  A9  E8                LDA   #$E8
0170  85  00                STA   $00     Poni indice di DLYA = $E8
0172  20  20  01            JSR   DLYA    Chiama ritardo
0175  4C  45  01            JMP   ONDAY   Ripeti
```

Figura 5-14: (Programma 5-2): Simulazione del Semaforo: Modo Giorno (Connessione: connettore A al connettore H1)

Come nel programma precedente, il Registro di Direzione Dati DDRA deve essere configurato nel modo di uscita per il controllo dei 6 LED ad esso connessi. Questo viene realizzato dalle prime due istruzioni del programma:

```
DAY     LDA     #$3F
        STA     $A003
```

Quindi le due istruzioni successive accendono il verde per la direzione A ed il rosso per la direzione B, caricando il bit pattern corretto (21 esadecimale) nel registro di I/O:

```
ON DAY  LDA     #$21
        STA     $A001
```

La durata del ritardo viene quindi specificata caricando un valore nella locazione di memoria 00 e richiamando la subroutine di ritardo:

```
LDA     #$D0
STA     $00
JSR     DLYA
```

Il processo viene quindi ripetuto per il giallo nella direzione A, il rosso nella direzione A, il verde nella direzione B ed, infine, il giallo nella direzione B, per poi tornare al punto di partenza:

```
LDA     #$22      GIALLO A E ROSSO B
STA     $A001
LDA     #$EA
STA     $00
JSR     DLYA      RITARDO
LDA     #$0C      ROSSO A E VERDE B
STA     $A001
LDA     #$D0
STA     $00
JSR     DLYA      RITARDO
LDA     #$14      ROSSO A E GIALLO B
STA     $A001
LDA     #$E8
STA     $00
JSR     DLYA      RITARDO
JMP     ONDAY     RIPETI
```

Il lettore dovrebbe verificare che il programma corrisponde esattamente al diagramma di flusso di Figura 5-13. A questo punto la sua comprensione dovrebbe essere diretta. Si incoraggia vivamente il lettore a ricavare le diverse costanti di tempo utilizzate nel programma ed a verificare che la temporizzazione sia corretta. Consideriamo ora dei miglioramenti a questo algoritmo di controllo del traffico.

Per esempio, si può modificare il programma in modo che la durata del giallo, del rosso e del ciclo sia determinata dal tempo in cui viene premuto uno degli interruttori dopo l'inizio del programma.

ESERCIZIO 5-3: *Si realizzi un "algoritmo di risponso dinamico": il periodo del verde per l'arteria A sarà esteso di cinque secondi ogni volta che si rivela una richiesta sul "rivelatore ad anello" (o interruttore), fino ad una durata massima del verde di tre minuti.*

ESERCIZIO 5-4: *Si realizzi la "chiamata per i pedoni" impiegando degli interruttori. Si deve fornire il verde ai pedoni prima possibile rispettando un minuto di sgombero.*

ESERCIZIO 5-5: *Si realizzi un "interruttore per la polizia": premendo un interruttore, l'incrocio verrà regolato manualmente. Premendolo due volte consecutive l'incrocio ritorna nel funzionamento automatico.*

LED A MATRICE DI PUNTI

Si utilizzerà un display LED a matrice di 5 × 7 punti (Vedere Figura 5-15). Questo tipo di matrice viene utilizzato in numerose applicazioni. Per esempio, le stampanti a matrice di punti impiegano spesso una matrice 5 × 7 per la stampa di caratteri su carta. I monitor TV od i display CRT impiegano anch'essi una matrice di punti per mostrare i caratteri sullo schermo. 5 × 7 è la matrice di punti minima standard per una rappresentazione accettabile dei caratteri ma non è la migliore in termini di leggibilità. Per migliorare la leggibilità vengono utilizzate matrici di punti più grandi, come 7 × 9, che però hanno un costo più elevato. In questa applicazione si colle-

gherà direttamente una matrice LED di 5 x 7 punti al registro di I/O B del 6522 #1 e del 6522 #3. In realtà con i LED si dovrebbero utilizzare dei driver per fornire un'intensità luminosa sufficiente. In questa sede per minimizzare i componenti, si connetterà direttamente il LED. Questo significa che sulla scheda reale i LED saranno scuri e difficili da vedere. Per migliorare questa situazione occorre aggiungere i driver sulle linee. La Figura 5-16 mostra la connessione alla matrice di punti LED. Le 7 righe, numerate da 1 a 7 sono connesse rispettivamente ai bit 7, 5, 4, 3, 2, 1 e 0 del registro di I/O B del 6522 #1. Il bit 6 di questo IORB non è disponibile sulla scheda SYM in quanto il monitor dedica il bit 6 alla funzione d'ingresso della cassetta. Quindi, in questo caso, lo stato del bit 6 sarà indifferente.

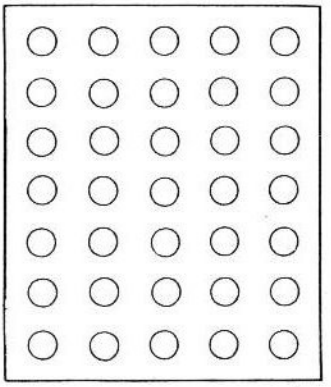


Figura 5-15: Una matrice LED di 5 x 7 Punti

Le cinque colonne del display LED, contrassegnate rispettivamente da 1 a 5, sono connesse ai bit da 0 a 4 di IORB del 6522 #3. Questo è mostrato in Figura 5-16. I due IORB risiedono rispettivamente agli indirizzi A000 ed AC00.

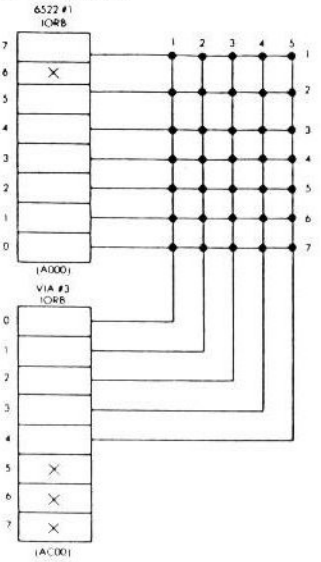


Figura 5-16: Connessione dei LED 5 x 7

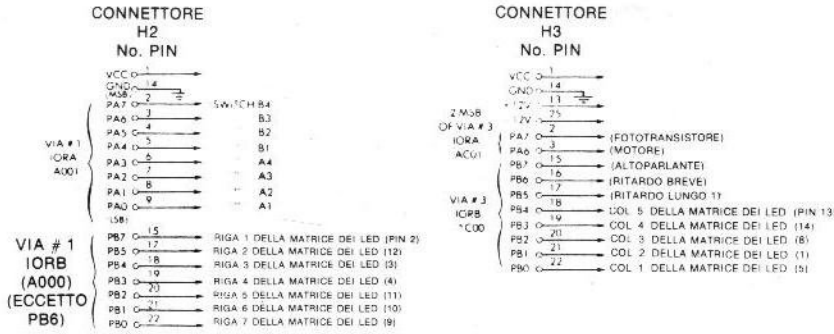


Figura 5-17: I connettori ai LED

Il problema principale è quello di selezionare le combinazioni corrette di righe e di colonne per la rappresentazione dei caratteri. Una matrice di punti 5 × 7 può rappresentare qualsiasi carattere dell'alfabeto. Per esempio si possono mostrare tutti i caratteri esadecimali, cioè le cifre da 0 a 9 e le lettere dalla A alla F. Consideriamo la loro codifica.

Un punto LED acceso sarà rappresentato da uno "0". Un punto LED spento sarà rappresentato da un bit "1". Questo deriva dal fatto che un LED viene acceso collegando a massa la sua connessione di riga. La Figura 5-18 mostra il pattern (struttura) richiesto per rappresentare uno "0". Naturalmente si possono scegliere dei pattern alternativi per qualsiasi altro carattere che si vuole rappresentare. Per esempio, per esercizio, l'utente può utilizzare uno "0" con angoli quadrati piuttosto che rotondi. È molto semplice modificare conseguentemente la tabella.

Figura 5-18: Display di "0"

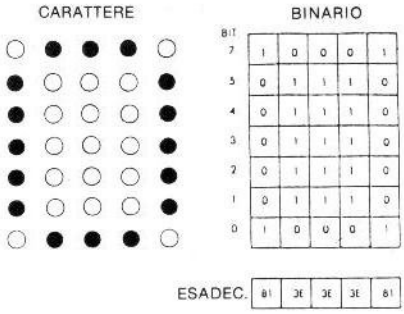
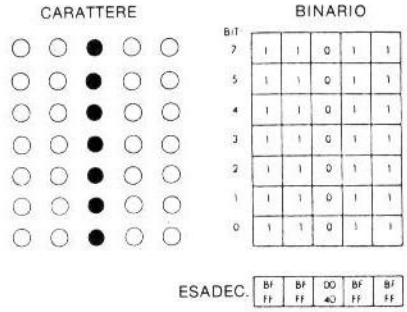


Figura 5-19: Display di "1"



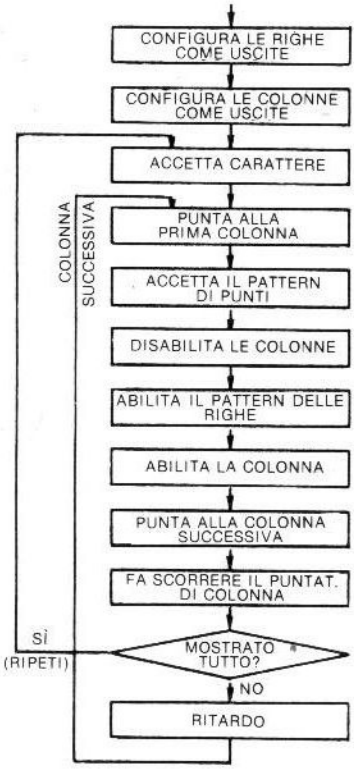


Figura 5-20: Comando dei LED a Matrice di Punti

La rappresentazione binaria equivalente della codifica è riportata sulla destra della Figura 5-18. In fondo alla tabella binaria viene indicato l'equivalente esadecimale. Si ricorda che la riga 6 non viene utilizzata e quindi il suo stato è indifferente. Per esempio si osservi la codifica esadecimale per il carattere "0" in Figura 5-18. La prima colonna ha il valore "1000001" o, più precisamente "1–000001", dove "–" rappresenta il valore del bit 6, che non viene utilizzato. Per esempio assumendo che il bit 6 sia posto al valore "0" il valore della prima colonna è "10000001" cioè "81" in esadecimale.

Analogamente il valore della seconda colonna è (aggiungendo uno 0 per il bit 6) "00111110" ovvero "3E" esadecimale.

Le cinque colonne per la cifra "0" sono perciò:

81, 3E, 3E, 3E, 81

Consideriamo ora il carattere "1". Esso viene rappresentato nella Figura 5-19 e la codifica binaria richiesta appare sulla destra dell'illustrazione.

Assumendo che il bit 6 sia uno "0" le rappresentazioni esadecimali equivalenti sono:

BF, BF, 00, BF, BF

Se si assume che il bit 6 sia posto al valore 1, allora la codifica sarà:

FF, FF, 40, FF, FF

La Figura 5-21 mostra una tabella completa per la codifica dei caratteri da "0" ad "F".

ESERCIZIO 5-7: *Indicare la forma dei caratteri da 0 ad F impiegando questa tabella.*

ESERCIZIO 5-8: *Si riscriva la tabella in un modo più consistente assumendo che il bit 6 sia sempre "0".*

Il diagramma di flusso per il programma della matrice di punti LED è riportato in Figura 5-21. Sia le righe che le colonne sono configurate come uscite caricando il bit pattern opportuno nei registri di direzione dati corrispondenti del 6522. Si deve quindi mostrare il pattern di punti per il carattere.

I punti saranno mostrati in successione per ogni colonna del LED. Per ogni carattere il programma deve perciò accedere a cinque ingressi successivi della tabella della matrice di punti, in corrispondenza delle cinque colonne dei punti richiesti per mostrare il carattere. Questo programma quindi mostrerà indefinitamente il carattere in modo ciclico. I punti vengono mostrati spegnendo le colonne (cancellando il pattern precedente), quindi abilitando il pattern di riga corrispondente alla posizione richiesta dei punti ed abilitando le colonne che devono essere illuminate. Quindi si passa a mostrare la colonna successiva.

Tutti i punti dovrebbero rimanere accesi per lo stesso tempo, per apparire all'osservatore con un'intensità uniforme. Inoltre tutte le colonne devono essere esplorate in un periodo di tempo minore di un decimo di secondo per evitare effetti di lampeggio. La routine di ritardo alla fine del programma deve essere regolata conseguentemente. Il programma è riportato di seguito ed alla pagina successiva.

carattere	8 LSB indir.	col 1	col 2	col 3	col 4	col 5
0	90	81	3E	3E	3E	81
1	95	FF	FF	00	FF	FF
2	9A	DE	7C	7A	76	CE
3	9F	DD	76	76	76	C9
4	A4	F3	EB	DB	00	FB
5	A9	05	76	76	76	79
6	AE	C1	76	76	76	D9
7	B3	7F	7F	7F	7F	00
8	B8	C9	76	76	76	C9
9	BD	CD	76	76	76	C1
A	C2	E0	DB	7B	DB	E0
B	C7	00	76	76	76	C9
C	CC	C1	7E	7E	7E	DD
D	D1	00	7E	7E	7E	C1
E	D6	00	76	76	76	76
F	DB	00	77	77	77	77

La tabella risiede alle locazioni di memoria da 0090 a 00DF.

Figura 5-21: Una tabella per Matrice di Punti

Connessione: Connettore A al connettore H2
Connettore AA al connettore H3

Questo programma accetta gli 8 LSB dell'indirizzo del carattere dalla locazione 0001, quindi entra nella tabella di Figura 5-21 per rivelare il pattern di dati del carattere selezionato e mostrarli sulla matrice dei LED.

Prima dell'esecuzione di questro programma occorre caricare gli 8 LSB dell'indirizzo del carattere alla locazione 0001.

Il pattern del carattere dovrebbe essere memorizzato a Pagina 0, come indicato in Figura 5-21.

(Gli 8 MSB dell'indirizzo del carattere sono tutti 00 in Pagina 0)

Note: 1) Per sostituire la tabella si può utilizzare un generatore di caratteri
2) La matrice di LED utilizzata è 5 × 7, cioé sono richiesti 7 bit per definire il pattern di ogni colonna, ma la tabella precedente impiega 8 bit; questo perché il programma utilizza il registro B VIA #1 I/O per pilotare le 7 righe e quindi si possono utilizzare solo 7 bit di questo registro. Il bit 6 è indifferente perché dedicato solo all'ingresso della scheda delle cassette.

0180	A9	BF		BSCLED	LDA	#$BF	Prima dell'esecuzione dovrebbe essere pre-impostato 0001
0182	8D	02	A0		STA	$A002	All'indirizzo del carattere selezionato
0185	A9	1F			LDA	#$1F	Poni VIA #1 DDRB = BF per pilotare 7 righe
0187	8D	02	AC		STA	$AC02	Poni VIA #3 DDRB = 1F per pilotare 5 colonne
018A	A9	00			LDA	#$00	
018C	85	03			STA	$03	Poni gli 8 MSB dell'indirizzo del carattere = da 00 a 0003
018E	A2	00			LDX	#$00	
0190	A5	01		RPTCHA	LDA	$01	Trasferisci gli 8 LSB pre-impostati dell'indirizzo del carattere da 0001 a 0002
0192	85	02			STA	$02	
0194	A0	10			LDY	#$10	Poni (Y) = $10 per abilitare l'ultima colonna
0196	A1	02		NXTCOL	LDA	$02	(A) = pattern della colonna corrente del carattere selezionato
0198	8E	00	AC		STX	$AC00	Disabilita tutte le colonne prima di abilitare le righe
019B	8D	00	A0		STA	$A000	Abilita le righe
019E	8C	00	AC		STY	$AC00	Abilita la colonna corrente
01A1	E6	02			INC	$02	Avanza l'indirizzo in ($0002) per la colonna successiva
01A3	98				TYA		
01A4	4A				LSR	A	Fa scorrere (Y) a destra di un bit per abilitare la colonna successiva
01A5	A8				TAY		
01A6	C0	00			CPY	#$00	(Y) = 00 significa che sono state mostrate tutte le 5 colonne
01A8	D0	03			BNE	DLY3	Se no, salta a DLY3 per compensare la temporizzazione (1), se si ripeti l'intero carattere
01AA	4C	90	01		JMP	RPTCHA	
01AD	A2	FF		DLY3	LDX	#$FF	
01AF	E8			LP3	INX		
01B0	E0	00			CPX	#$00	
01B2	30	FB			BMI	LP3	
01B4	4C	96	01		JMP	NXTCOL	Quindi vai ad abilitare la colonna successiva

Note: 1) Questa compensazione è necessaria oppure anche l'ultima colonna sarà abilitata più a lungo e quindi A sarà più luminosa della altre 4.
2) La compensazione precedente risolve il problema solo parzialmente. La luminosità non è ancora uniforme in quanto, per ogni colonna è diverso il numero di LED abilitati. Per risolvere questo problema è necessario quindi un programma più dettagliato che tenga conto del numero di LED abilitati per ogni colonna.

Figura 5-22: Display di Base della Matrice di LED

Le prime quattro istruzioni del programma condizionano i registri di direzione dati per le righe e le colonne, specificando che sono uscite:

```
BSCLED   LDA   #$BF
         STA   $A002    PONI VIA #1=7 RIGHE
         LDA   #$1F
         STA   $AC02    PONI VIA #2=5 COLONNE
```

In questo programma si assume che la locazione del carattere da mostrare sia contenuta alla locazione di memoria "01" di pagina 0. Per esempio la locazione del carattere da mostrare sia 90 per il carattere "0", "95" per il carattere "1" ecc., come indicato in tabella all'inizio del programma. (In seguito verrà suggerita una versione migliorata del programma).
Per esempio, se si deve mostrare il carattere "2", si deve caricare il valore 9A all'indirizzo di memoria 01. Poiché sarà successivamente necessario puntare a 5 ingressi della tabella per ciascuna delle colonne corrispondenti a questo carattere, sarà necessario generare gli indirizzi 9A, 9B, 9C, 9D e 9E. Per non distruggere l'originario puntatore di carattere "9A" si utilizzeranno altre due locazioni di memoria agli indirizzi 02 e 03 per contenere il puntatore corrente alla colonna da mostrare. Poiché si sta operando in pagina 0, i contenuti della locazione di memoria 03 saranno posti a "0" (byte di ordine elevato dell'indirizzo). Questo si ottiene con:

```
         LDA   #$00
         STA   $03
```

Ogni volta che si entra nel ciclo di display principale, si assume che il registro X contenga il valore "00". Per disabilitare un registro d'uscita si utilizzerà:

```
         LDX   #$00
```

La prima colonna a cui si punterà sarà quella di indirizzo specificato dalla locazione 01 (il puntatore all'ingresso della tabella dei caratteri). Quindi si trasferiranno i contenuti della locazione di memoria all'indirizzo 02:

```
RPTCHA   LDA   $01
         STA   $02
```

Il registro Y viene utilizzato come contatore di shift e contemporaneamente, per abilitare selettivamente una delle colonne:

```
         LDY   #$10
```

Quindi l'"1" verrà fatto scorrere a destra di una posizione di bit, in modo da abilitare la colonna successiva e così via. Infine, quando l'"1" esce dal registro, sono state mostrate tutte le cinque colonne del carattere e si può riprendere il ciclo. Poiché questo registro non viene utilizzato solo per abilitare una delle cinque colonne ma anche per contare fino a 5, esso viene denominato *shift-counter*. Il pattern di punti per la colonna corrente viene ottenuto mediante l'accesso all'ingresso della tabella all'indirizzo 02:

```
NXTCOL   LDA   $02
```

Il pattern di punti è ora contenuto nell'accumulatore. Per mostrarlo tutte le colonne vengono prima disabilitate caricando "0" in IORB:

```
         STX   $AC00
```

Quindi i contenuti dell'accumulatore vengono fatti uscire in IORB per abilitare le righe:

```
        STA     $A000
```

Infine viene abilitata la colonna corretta e verrà acceso il LED selezionato:

```
        STY     $AC00
```

Un LED si accenderà solo se connesso ad una colonna attiva e ad una riga collegata a massa (0). Ogni "0" nel pattern di punti illuminerà il punto corrispondente nella colonna selezionata.

Viene quindi incrementata la locazione di memoria "02", in modo da puntare all'ingresso del pattern di punti successivo del carattere. Occorre quindi fare scorrere il puntatore di colonna a destra di una posizione e determinare se si sono mostrate tutte le colonne:

```
        INC     $02
        TYA                     Y NON PUÒ ESSERE FATTO SCORRERE
                                DIRETTAMENTE
        LSR     A
        TAY                     RIMEMORIZZA IL RISULTATO IN A
        CPY     #$00
        BNE     DLY3
        JMP     RPTCHA
```

Poiché non è possibile fare scorrere direttamente il registro Y, occorre prima trasferirlo nell'accumulatore, dove viene fatto scorrere, quindi i contenuti dell'accumulatore vengono ricopiati nel registro Y. Si controlla successivamente se i contenuti dell'accumulatore sono uguali a "0" (per questa codifica si suggerirà un programma migliore). Se l'accumulatore è "0", sono state mostrate tutte le cinque colonne. Altrimenti occorre realizzare un ritardo durante il quale si illuminerà il LED e quindi mostrare la colonna successiva:

```
DLY3    LDX     #$FF
        INX
        CPX     #$00
        BMI     LP3
        JMP     NXTCOL
```

Il registro indice X viene utilizzato come contatore ed un ritardo viene ottenuto, come al solito, decrementando il registro indice un numero ragionevole di volte, quindi ritornando all'indirizzo NXTCOL per la colonna successiva.

Miglioramenti del programma: Per migliorare questo programma riducendo il numero di istruzioni, si considerano in primo luogo alcune modifiche di codifica. Si considereranno successivamente i miglioramenti alle funzioni eseguite.

ESERCIZIO 5-9: *Si riscriva la routine di ritardo DLY3 in modo che essa impieghi un minor numero di istruzioni.*

ESERCIZIO 5-10: *Si esaminino le ultime tre istruzioni della routine NXTCOL, dall'indirizzo 01A6 in poi (Vedere Figura 5-22). Potete suggerire un altro modo per controllare se è uscito l'ultimo bit "1" da Y?*

ESERCIZIO 5-11: *Si aggiunga una routine a questo programma in modo che, invece di depositare un puntatore all'ingresso della tabella all'indirizzo 01, sia necessario depositare solo il valore del carattere corrente. Con questa routine l'utente deve essere in grado di depositare un*

valore corrente tra "0" ed "F" ed ottenere che il programma lo mostri correttamente. Per fare questo occorre convertire il valore del carattere nel valore della tabella. Per esempio "0" corrisponderà a "90" (si veda la tabella all'inizio del programma 5-3). "1" corrisponderà a "95" e così via. L'equazione risulta: Indirizzo di partenza = 90 + codice × 5.

NOTA: *Invece di eseguire una moltiplicazione formale per 5 si può procedere come segue: Si ricordi che lo spostamento a sinistra di una posizione di bit è equivalente ad una moltiplicazione per due e che 5 = 2 + 2 + 1. Quindi una moltiplicazione per 4 può essere eseguita con due successivi scorrimenti a sinistra.*

ESERCIZIO 5-12: *Si scriva una routine addizionale che mostri una stringa di caratteri. Si assuma che l'indirizzo di partenza della stringa di caratteri sia contenuto nella locazione di memoria 01. Ogni carattere dovrà essere mostrato per un secondo. La stringa di caratteri può terminare con un codice qualsiasi che non è compreso tra "0" ed "F". Il programma eseguirà quindi una pausa di due secondi e mostrerà ancora la stringa.*

Si considerano i miglioramenti alle funzioni del programma. Si aggiungeranno quattro interruttori e si svilupperà un programma che mostra il valore esadecimale degli interruttori.

VISUALIZZAZIONE DEL VALORE ESPRESSO DAGLI INTERRUTTORI

Si leggeranno i valori binari di quattro interruttori d'ingresso e si mostrerà il corrispondente carattere esadecimale sulla matrice LED. La Figura 5-23 riporta il diagramma di flusso dell'algoritmo. Il programma legge i quattro interruttori e quindi punta all'inizio della tabella di conversione, nel modo definito nel programma precedente, quindi calcola l'offset della tabella per il carattere da mostrare (fuori zero). L'indirizzo della tabella per il codice binario corrispondente al punto da illuminare è ottenuto moltiplicando il valore del carattere per 5. Questo può essere verificato osservando la tabella mostrata in Figura 5-22. Viene quindi calcolato l'indirizzo della prima colonna da mostrare e caricato all'indirizzo 01 in pagina 0. Il programma precedente viene utilizzato per mostrare il carattere sul display LED. Il programma è il seguente:

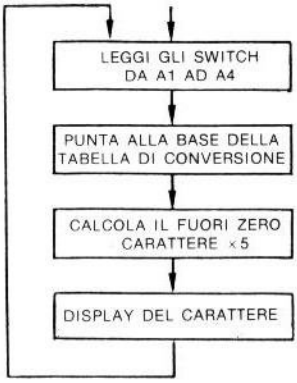


Figura 5-23: Display di Valori Impostati con Interruttori

Connessione: Connettore A al connettore H2
Connettore AA al connettore H3

Questo programma legge gli switch da A1 ad A4 per calcolare uno dei 16 valori esadecimali e mostrarlo.

Questo programma impiega il programma 5-3 come subroutine. Prima dell'esecuzione si cambi il programma 5-3 come segue:

1) Alla locazione 01A8, i dati 4C dovrebbero essere sostituiti con 60 (60 è il codice di macchina per RST)

2) La costante di compensazione temporale della locazione 1AC è FF, questo valore dovrebbe essere cambiato in F0, questo perché questo programma abilita l'ultima colonna per un tempo più lungo del programma 5-3.

0200	A9	00		RDCHA	LDA	#$00	
0202	8D	03	A0		STA	$A003	Poni VIA #1 DDRA = 00 nel modo d'ingresso
0205	AD	01	A0		LDA	$A001	Leggi gli switch B1-B4 ed A1-A4
0208	29	0F			AND	#$0F	Ignora B1-B4
020A	A8				TAY		Memorizza A1-A4 leggendoli in (Y)
020B	A2	90			LDX	#$90	Calcola l'indirizzo del carattere e memorizzalo alla locaz. 0001. La base dell'indir. è 90
020D	86	01			STX	$01	
020F	A2	00			LDX	#$00	Il contatore dell'addizione
0211	18			ADD	CLC		A contiene la lettura degli switch
0212	65	01			ADC	$01	Ricicla attraverso l'addizione 5 volte
0214	85	01			STA	$01	90 + (A)
0216	98				TYA		
0217	E8				INX		Rimemorizza il valore degli switch in A
0218	E0	05			CPX	#$05	(X) = 5 significa calcolo terminato
021A	30	F5			BMI	ADD	
021C	20	80	01		JSR	BSCLED	Quindi chiama BSCLED per display
021F	4C	00	02		JMP	RDCHA	Quindi aggiorna la lettura degli switch

Figura 5-24: Display Avanzato a Matrice di LED (Programma 5-4)

Il programma è riportato in Figura 5-24. Le prime due istruzioni configurano come ingresso il registro di direzione dati per la porta A, così da poter leggere gli interruttori:

```
RDCHA    LDA    #$00
         STA    $A003
```

Quindi vengono letti i contenuti degli interruttori da A1 ad A4. Questo programma ignora i valori degli interruttori da B1 a B4.

```
         LDA    $A001
         AND    #$0F        MASCHERA B1-B4
```

I contenuti indicati dagli interruttori vengono caricati nel registro indice Y:

```
         TAY
```

L'indirizzo di partenza della tabella (90) viene quindi memorizzato all'indirizzo di memoria 01:

```
         LDX    #$90
         STX    $01
```

A questo indirizzo di partenza si aggiungerà l'offset richiesto per accedere alla prima colonna di punti per il carattere specificato dagli interruttori. L'offset viene calcolato moltiplicando il valore degli interruttori per 5. Il registro indice X viene utilizzato come contatore da 0 a 5. Esso viene inizializzato a zero:

```
         LDX    #$00
```

I contenuti della locazione di memoria 01 vengono incrementati di 1:

```
ADD     CLC
        ADC     $01
        STA     $01
```

L'istruzione CLC (azzera carry) deve essere impiegata prima di un'addizione qualsiasi. Nell'addizione si assume che sia stato scelto il modo binario (il 6502 può funzionare nel modo decimale oppure nel modo binario). Salvo diversa specifica, normalmente il 6502 funzionerà nel modo binario, poiché un'operazione di reset avrà azzerato tutti i registri dei flag, impostando quindi il modo binario.

Il valore degli interruttori viene quindi rimemorizzato nell'accumulatore dal registro Y dove era stato conservato. Il contatore dell'addizione X viene incrementato di 1 e controllato se uguale a 5:

```
        TYA
        INX
        CPX     #$5
        BMI     ADD
```

L'addizione viene ripetuta finché non si raggiunge il valore 5. Una volta raggiunto questo valore, la locazione di memoria 01 viene condizionata al valore corretto e viene richiamata la subroutine BSCLED (il precedente programma del display LED):

```
        JSR     BSCLED
```

Quindi il programma ritorna indietro per leggere ancora gli interruttori e mostrare il carattere che esprimono:

```
        JMP     RDCHA
```

GENERAZIONE DI TONO

Nel capitolo precedente si è mostrato come si può generare un tono inviando semplicemente un'onda quadra, di una certa frequenza, ad un altoparlante. La forma d'onda quadra viene generata accendendo e spegnendo alternativamente l'altoparlante. La durata durante la quale l'altoparlante è acceso o spento si chiama semiperiodo. La misura del ritardo può essere eseguita per via software, od anche per via hardware, impiegando un timer di intervallo incorporato nel 6522. Questo timer di intervallo incorporato è stato impiegato precedentemente e qui verrà utilizzato in un metodo *software* per controllare la durata del ritardo. Innanzi tutto si svilupperà un programma di base per generare un tono e quindi lo si migliorerà per generare della musica con il computer.

La Figura 5-25 mostra la connessione hardware. Un resistore addizionale maggiore o uguale a 50 Ohm viene posto in serie all'altoparlante per limitare la corrente d'uscita. L'altoparlante viene connesso ad un'uscita buffered del SYM. Portando a zero il resistore variabile si potrebbe bruciare il potenziometro od il transistore di uscita sul carico.

La tecnica per generare un tono si basa su un comune metodo ad onda quadra, ottenuta mediante una subroutine di ritardo.

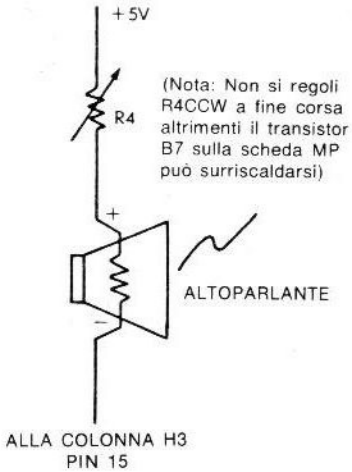


Figura 5-25: Connessione dell'Altoparlante

Connessione: Connettore A al connettore H2
Connettore AA al connettore H3

Questo programma attiva l'altoparlante con una frequenza pre-impostata che deve essere caricata nella locazione 0004 prima dell'esecuzione.

0230	A9	80		BSCSPK	LDA	#$80	
0232	8D	02	AC		STA	$AC02	Poni VIA #3 DDRB = 80 per l'uscita dell'altoparlante
0235	A9	80		AGAIN	LDA	#$80	
0237	8D	00	AC		STA	$AC00	Poni alto il driver dell'altoparlante = altoparlante attivato
023A	20	48	02		JSR	DLYB	Richiama ritardo
023D	A9	00			LDA	#$00	
023F	8D	00	AC		STA	$AC00	Poni basso il driver dell'altoparlante = altoparlante disattivato
0242	20	48	02		JSR	DLYB	Richiama ritardo
0245	4C	30	02		JMP	AGAIN	Ripeti

Subroutine DLBY: questa subroutine è simile alla DLYA tranne:

1) Questo ritardo è molto più breve.
2) Questo ritardo prende l'indice di ritardo dalla locazione 0004 (l'indice dovrebbe avere un valore negativo).

0248	A6	04	DLYB	LDX	$04	Carica il valore del ritardo in X
024A	E8		LPXB	INX		Incrementa X
024B	E0	00		CPX	#$00	
024D	30	FB		BMI	LPXB	Ricicla finché (X) = 0
024F	60			RTS		

Figura 5-26: Attivazione di base dell'Altoparlante (Programma 5-5)

Il parametro di ritardo per questo programma deve essere caricato alla locazione di memoria 0004 prima dell'esecuzione. Esso controlla la frequenza del tono che viene generato. La Figura 5-26 mostra il programma. Il registro di direzione dati B è configurato per l'uscita sul bit 7:

```
BSCSPK   LDA    #$80
         STA    $AC02
```

L'altoparlante viene quindi acceso:

```
AGAIN    LDA    #$80
         STA    $AC00
```

L'altoparlante viene lasciato acceso per una durata imposta dai contenuti della locazione di memoria 0004, richiamando la subroutine di ritardo DLYB:

```
         JSR    DLYB
```

Occorre quindi spegnere l'altoparlante. Questo viene eseguito ripristinando a "0" il bit 7 di IORB:

```
         LDA    #$00
         STA    $AC00
```

L'altoparlante deve quindi essere lasciato spento per la stessa durata e questo viene nuovamente realizzato con una chiamata alla subroutine DLYB:

```
         JSR    DLYB
```

Il programma quindi ricicla su se stesso:

```
         JMP    AGAIN
```

La routine di ritardo DLYB è essenzialmente analoga alla DLYA del programma 5-1:

```
DLYB     LDX    $0A      VALORE RITARDO
LPXB     INX             CONTATORE
         CPX    #$00
         BMI    LPXB
         RTS
```

Calcoliamo la durata del ritardo introdotto da questa subroutine. Di seguito viene indicata la durata di ciascuna istruzione (sulla destra):

```
                                # cicli
         LDX    $04              (2)
         INX                     (2)
Ciclo    CPX    #$00             (2)
         BMI    LPXB             (3)
         RTS                     (6)
```

Inoltre l'istruzione JSR (salta alla subroutine), impiegata per la chiamata di questa subroutine, introduce un ritardo di 6 cicli. Il ciclo viene eseguito 256 − 4 = 252 volte.

Quindi la durata di ritardo totale vale perciò:

$$6 + 2 + (2 + 2 + 3) \times 252 + 6 = 14 + 7 \times 252 = 1778 \text{ microsecondi}$$

ESERCIZIO 5-13: *Si modifichi la routine di ritardo impiegando un'istruzione di decremento invece di una di incremento.*

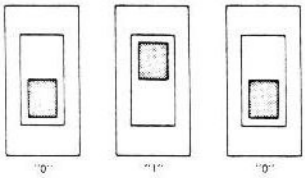


Figura 5-27: Gli Switch Binari Specificano il Tono

MUSICA

È stato presentato un metodo di base per la generazione di un tono di una frequenza assegnata. Vogliamo realizzare ora un accordo. Questo programma leggerà il valore binario dei tre interruttori da A1 ad A3 e genererà un tono corrispondente al posizionamento dell'interruttore (vedere Figura 5-27). Per il posizionamento "0" dell'interruttore verrà generata una nota "C" (do), quindi un "D" (re) per un "1", ecc. Un'ottava intera più una nota. cioé da "C" a "C", possono essere accordate posizionando tre interruttori. Questo programma impiegherà quello precedente come subroutine. Prima dell'esecuzione del programma i contenuti della locazione di memoria 0245 dovrebbero essere cambiati da "4C" a "60". Innanzi tutto si costituirà una tabella di frequenze, che specifica la durata del semiperiodo dell'onda quadra che genera il tono. La Figura 5-28 riporta tale tabella.

0050	A2	80		TUNE	LDX	#$80	Frequenza per C intermedio
0052	4C	74	02		JMP	LD04	
0055	A2	90			LDX	#$90	Frequenza per D
0057	4C	74	02		JMP	LD04	
005A	A2	9C			LDX	#$9C	Frequenza per E
005C	4C	74	02		JMP	LD04	
005F	A2	A4			LDX	#$A4	Frequenza per F
0061	4C	74	02		JMP	LD04	
0064	A2	B0			LDX	#$B0	Frequenza per G
0066	4C	74	02		JMP	LD04	
0069	A2	B8			LDX	#$B8	Frequenza per A
006B	4C	74	02		JMP	LD04	
006E	A2	C0			LDX	#$C0	Frequenza per B
0070	4C	74	02		JMP	LD04	
0073	A2	C4			LDX	#$C4	Frequenza per C
0075	4C	74	02		JMP	LD04	

Figura 5-28: Tabella delle Frequenze Musicali

La Figura 5-29 riporta il flow-chart dell'algoritmo. Il programma legge i contenuti dei tre interruttori, calcola l'offset richiesto per ottenere il ritardo corrispondente dalla tabella delle frequenze. Questo fuori zero è uguale a cinque volte il valore specificato dagli interruttori. Si ottiene quindi il periodo dell'onda quadra che viene emessa per una durata specifica. Il programma quindi cicla su se stesso in modo da emettere la nota successiva. La Figura 5-30 mostra il programma e la Figura 5-31 le connessioni. Le locazioni 04 e 05 verranno utilizzate per un salto

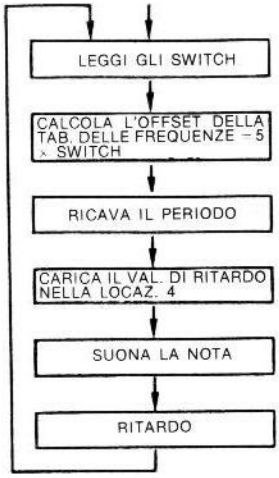


Figura 5-29: Diagramma di flusso del Programma Musicale

Connessione: Connettore A al connettore H2
Connettore AA al connettore H3

Questo programma legge gli switch A1-A3 ed aziona l'altoparlante ad 8 frequenze diverse definite dagli switch.

Questo programma utilizza il programma #5 come subroutine; prima dell'esecuzione la locazione 0245 dovrebbe essere cambiata da 4C a 60.

Questo programma esegue l'accordo saltando ad una tabella di frequenze. La tabella delle frequenze deve essere caricata come segue prima dell'esecuzione:

0250	A9	00		MUSIC	LDA	#$00	Pre-carica gli 8 MSB dell'indirizzo di salto indiretto
0252	85	05			STA	$05	Alla locazione 0005 (= 00 poiché la tabella delle frequenze è in pagina 0)
0254	8D	03	A0		STA	$A003	Poni VIA #1 DDRA = 00 per il modo d'ingresso
0257	A0	C0		KEY	LDY	#$C0	(Y) = costante di ritardo per ogni frequenza
0259	AD	01	A0		LDA	#$A001	Leggi l'impostazione degli switch
025C	29	07			AND	#$07	Ignora i 5 bit superiori
025E	85	04			STA	$04	Salva l'impostazione degli switch in $04
0260	18				CLC		
0261	65	04			ADC	$04	
0263	65	04			ADC	$04	
0265	65	04			ADC	$04	
0267	65	04			ADC	$04	Calcola l'indirizzo relativo nella tabella delle frequenze
0269	85	04			STA	$04	
026B	A9	50			LDA	TUNE	Somma l'indirizzo della base della tabella delle frequenze
026D	65	04			ADC	$04	
026F	85	04			STA	$04	Memorizza l'indirizzo calcolato (8 LSB) alla locazione 0004
0271	6C	04	00		JMP	($0004)	Salto indiretto alla tabella delle frequenze
0274	86	04		LD04	STX	$04	Accetta la costante corretta della frequenza
0276	20	30	02	CBSPK	JSR	BSCSPK	Chiama BSCSPK per attivare l'altoparlante
0279	88				DEY		
027A	C0	00			CPY	#$00	Ricicla finché (Y) = 0 prima di rivelare gli switch
027C	D0	F8			BNE	CBSPK	Ancora
027E	4C	57	02		JMP	KEY	Ritorna a rivelare gli switch

Figura 5-30: Il Programma Musicale (Programma 5-6)

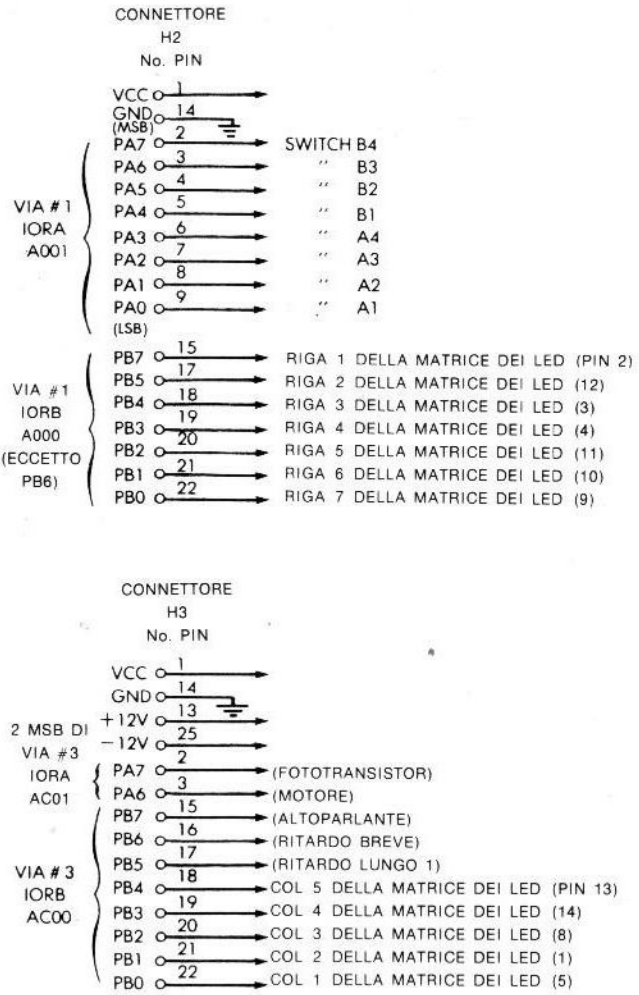


Figura 5-31: Connessioni per il Programma Musicale

indiretto. Poiché la tabella delle frequenze risiede in pagina zero, i contenuti della locazione di memoria 05 saranno immediatamente inizializzati a zero:

```
MUSIC    LDA    #$00
         STA    $05
```

Il registro di direzione dati, DDRA, viene quindi configurato a "00" per specificare il modo d'ingresso:

```
         STA    $A003
```

La durata del tono viene specificata dai contenuti del registro Y che corrisponde al ritardo del ciclo più esterno (verrà spiegato in seguito):

```
KEY     LDY     #$C0
```

I contenuti dei tre interruttori A1, A2, ed A3 vengono quindi letti da IORA nella locazione di memoria A001 ed i 5 bit superiori sono mascherati (posti a 0):

```
        LDA     #$A001
        AND     #$07
```

La posizione degli interruttori viene quindi conservata nella locazione di memoria 04 in modo che l'accumulatore possa essere utilizzato per altri scopi:

```
        STA     $04
```

Per calcolare l'offset nella tabella delle frequenze, il valore ottenuto dagli interruttori viene moltiplicato per 5. Questo viene eseguito in questo caso sommando questo valore a se stesso per 4 volte:

```
        ADC     $04
        ADC     $04
        ADC     $04
        ADC     $04
        STA     $04
```

Il valore di fuori zero risultante viene quindi memorizzato nella locazione di memoria 04 ed ora si può ottenere il semiperiodo dalla tabella delle frequenze:

```
        LDA     TUNE        INDIRIZZO DELLA BASE
        ADC     $04
        STA     $04         BASE PIÙ SPOSTAMENTO
        JMP     ($0004)     SALTA IN MODO INDIRETTO
        STX     $04         COSTANTE DELLA FREQUENZA
```

Il valore ritorna nel registro X e salvato nella locazione di memoria 04, quindi viene chiamata la subroutine BSCSPK per attivare l'altoparlante:

```
CBSPK   JSR     BSCSPK
```

L'altoparlante verrà attivato il numero di volte specificato dai contenuti del registro Y:

```
        DEY
        CPY     #$00
        BNE     CBSPK
```

Infine, una volta che il tono è stato generato per una durata specifica, vengono letti ancora gli interruttori:

```
        JMP     KEY
```

Si migliori questo programma:

ESERCIZIO 5-14: *Si potrebbe semplificare la tabella delle frequenze memorizzando in essa*

soltanto il valore binario del ritardo, cioé $80, $90, ecc. Si modifichi il programma precedente in modo che il posizionamento degli interruttori venga impiegato come indice per recuperare i contenuti di questa nuova tabella. Si noti il significativo miglioramento in lunghezza del programma globale.

ESERCIZIO 5-15: *Se si esegue effettivamente questo programma su una scheda di microcomputer si noterà un problema secondario: Il programma esegue la nota richiesta; comunque si può sentire contemporaneamente una nota di frequenza più bassa. Analizzando attentamente le ultime cinque istruzioni del programma per la generazione di musica, si potrebbe determinare l'origine del problema. Siete in grado di proporre un programma modificato che possa eliminare questo problema?*
(Suggerimento: L'altoparlante può essere spento "troppo a lungo".)

ESERCIZIO 5-16: *Si osservi che l'istruzione "ADC $04" è ripetuta 4 volte, si suggerisca un modo per ottenere lo stesso risultato con il numero minimo di istruzioni.*

ESERCIZIO 5-17: *La terza istruzione dalla fine è "CPY #$00", è davvero indispensabile?*

La tabella del programma musicale è stata progettata "ad orecchio" senza il calcolo delle frequenze corrette. Tali valori dovrebbero ora essere controllati per determinare il grado di bontà di questa tabella.

In America il Passo Standard è A4 = 440 Hz. La frequenza delle note si raddoppia ogni dodici mezze note. Dal tono T_1 a T_2 la frequenza è $N_2 = 12\sqrt{2} \times N_1$.

Le frequenze sono riportate in Figura 5-28.

ESERCIZIO 5-18: *Si esamini la routine BSCSPK per calcolare la sua temporizzazione. Conoscendo i periodi delle note (Figura 5-28), si calcolino le costanti di frequenza teoricamente corrette. (Suggerimento: Non si dimentichi che l'altoparlante è alternativamente acceso e spento per un semiperiodo).*

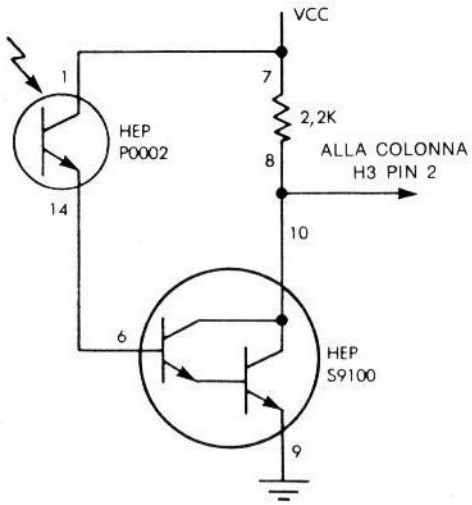


Figura 5-32: Il circuito del Fototransistor (sullo zoccolo M3)

UN SISTEMA DI ALLARME ANTIFURTO

Vogliamo realizzare un sistema reale di allarme domestico. L'ingresso in casa sarà rivelato da un insieme fototransistor rivelatore. Si assume che l'emettitore di luce sia normalmente acceso. Ogni volta che il raggio luminoso viene interrotto il rivelatore lo indicherà e verrà fatto scattare l'allarme. Questo allarme genererà un suono di sirena per mezzo di un altoparlante. Alla fine del programma si suggeriranno ulteriori miglioramenti.

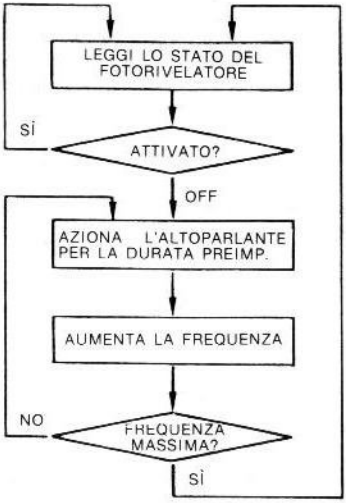


Figura 5-33: Diagramma di flusso del Sistema di Allarme

La Figura 5-32 mostra la connessione del fototransistor, mentre la Figura 5-33 riporta il diagramma di flusso dell'algoritmo. Leggeremo lo stato del rivelatore. Finché esso rimane acceso, nessuno ha interrotto il raggio e si prosegue la lettura. Ogni volta che viene interrotto il raggio lo stato del rivelatore andrà a "0" (spento) e verrà attivato l'altoparlante per una durata prefissata. Per generare un suono di sirena, la frequenza di questo suono andrà progressivamente aumentando fino al raggiugimento di una frequenza massima (Vedere Figura 5-35). A questo punto viene nuovamente esaminato lo stato del fotorivelatore e, finché è spento, la sirena continua a suonare. La Figura 5-34 riporta il programma. L'ingresso del fototransistor è connesso al bit 7 di IORA VIA #3 (Vedere Figura 5-32).

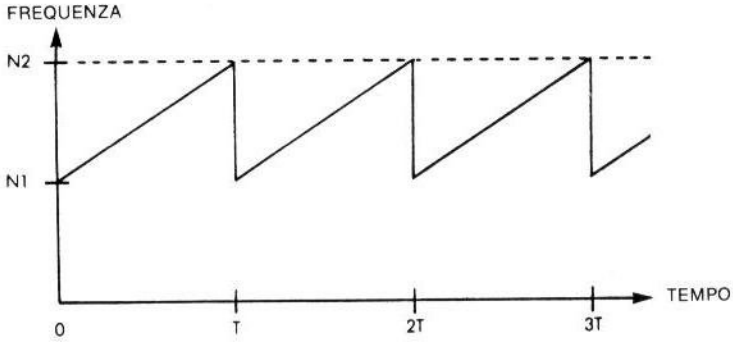


Figura 5-34: Il Suono di una Sirena

Connessione: Connettore A al connettore H2
Connettore AA al connettore H3

Questo programma rivela l'uscita del fototransistor, se essa è alta, cioè se il fototransistor è al buio ed esso è diseccitato, non si opera, invece se l'uscita è bassa, cioè il fototransistor è eccitato da luce, suona immediatamente l'allarme.

Questo programma impiega BSCSPK come subroutine, la locazione 0245 deve essere cambiata in 60

0281	A9	00		ALARM	LDA	#$00	
0283	8D	03	AC		STA	$AC03	Poni VIA #3 DDRA = 00 per il modo d'ingresso
0286	AD	01	AC	DETECT	LDA	$AC01	Leggi l'uscita del fototransistor
0289	29	80			AND	#$80	
028B	C9	80			CMP	#$80	
028D	F0	F7			BEQ	DETECT	Se uscita = alta, continua la registrazione
028F	A9	80			LDA	#$80	Altrimenti suona l'allarme ponendo la
0291	85	04			STA	$04	Costante iniziale di frequenza = 80 alla loc. 0004
0293	A0	F0		LP7	LDY	#$F0	Poni la costante di ritardo = F0 a (Y)
0295	20	30	02	SOUND	JSR	BSCSPK	Chiama BSCSPK per azionare l'altoparlante
0298	C8				INY		
0299	C0	00			CPY	#$00	
029B	30	F8			BMI	SOUND	Ricicla finchè (Y) = 0 prima di cambiare la costante di frequenza
029D	A9	01			LDA	#$01	Incrementa di 1 la costante di frequenza
029F	18				CLC		
02A0	65	04			ADC	$04	
02A2	85	04			STA	$04	
02A4	C9	A8			CMP	#$A8	Ricicla fino alla costante di frequenza più alta = A8
02A6	30	EB			BMI	LP7	
02A8	4C	86	02		JMP	DETECT	Quindi ritorna di nuovo a rivelare il fototransistor

Figura 5-35: Allarme Antifurto (Programma 5-7)

Le prime istruzioni del programma realizzano un ciclo di polling che controlla lo stato del fototransistor:

```
ALARM    LDA    #$00
         STA    $AC03
DETECT   LDA    $AC01
         CMP    #$80
         BEQ    DETECT
```

Non appena viene spento il fototransistor (su una scheda sperimentale ciò si può ottenere coprendo il rivelatore LED con un dito o un panno), entrerà in funzione l'allarme. Una ben precisa costante di frequenza iniziale viene caricata all'indirizzo di memoria 04 e la durata del tono di questa frequenza viene caricata nel registro Y. La subroutine precedente BSCSPK viene quindi richiamata per far suonare l'altoparlante:

```
         LDA    #$80
         STA    $04
LP7      LDY    #$F0
SOUND    JSR    BSCSPK
         INY
         CPY    #$00
         BMI    SOUND
```

La subroutine viene richiamata il numero di volte necessario per realizzare il ritardo secondario specificato dal registro Y. Quindi la costante di frequenza viene incrementata di 1, rimemorizzata nella locazione di memoria 04, quindi nuovamente confrontata con la frequenza massi-

ma. Una volta raggiunta la frequenza massima il programma ricomincia la generazione di un suono a frequenza crescente.

```
LDA     #$01
CLC
ADC     $04
STA     $04
CMP     #$A8
BMI     LP7
JMP     DETECT
```

Ogni volta che viene raggiunta la frequenza massima il programma ritorna al punto di partenza. Sono possibili diversi miglioramenti.

In una casa questo sistema di allarme sarà posizionato in corrispondenza di ogni potenziale ingresso, in ognuno dei quali occorrerà posizionare una coppia fotoelettrica comprendente un emettitore di luce ed un ricevitore. (In pratica si impiega sempre un raggio infrarosso perché invisibile). Si possono posizionare questi sensori per proteggere una stanza o l'ingresso della casa. Il programma potrebbe essere migliorato in modo che, una volta acceso il sistema, sia possibile lasciare la casa senza mettere in funzione l'allarme. Il primo esercizio consisterà proprio in questo miglioramento:

ESERCIZIO 5-19: *Si modifichi il programa in modo che sia possibile uscire dalla casa entro due minuti dopo che il sistema è stato attivato. In altre parole non deve scattare nessun allarme per due minuti dopo che il programma è stato attivato, indipendentemente dallo stato del fotorivelatore. Dopo questo tempo l'allarme deve riprendere a funzionare normalmente.*

Occorre risolvere un altro problema: Rientrando in casa non si vuole che l'allarme suoni immediatamente. Si vuole avere il tempo per spegnere il sistema. Il prossimo esercizio consiste in questo:

ESERCIZIO 5-20: *Una volta che l'allarme è stato inserito (dopo due minuti) esso non dovrebbe suonare per 30 secondi dopo la rivelazione di un ingresso.*

Ulteriore miglioramento: Potrebbero esserci variazioni secondarie del raggio luminoso a causa del rumore sulla linea. Si vuole evitare che questo faccia scattare l'allarme.

ESERCIZIO 5-21: *Si modifichi il programma in modo che sia fatto scattare l'allarme solo se il raggio viene interrotto per più di 0,05 secondi.*

Miglioramento: nel caso che un animale faccia scattare l'allarme si vuole introdurre un sistema automatico di spegnimento. Si vuole che l'allarme suoni per due minuti dopo la rivelazione e che si spenga automaticamente.

ESERCIZIO 5-22: *Si modifichi il programma in modo che l'allarme suoni per due minuti dopo che si è verificata una rivelazione e che quindi si spenga automaticamente.*

Inoltre, durante la rivelazione, si possono prendere degli ulteriori provvedimenti quali illuminare l'ambiente oppure telefonare alla polizia. Questo può essere realizzato facilmente mediante un relè esterno.

ESERCIZIO 5-23: *Si modifichi il programma precedente in modo che si alimenti un relè esterno ogni volta che si rivela un ingresso.*

Si noti che questa possibilità può essere utilizzata vantaggiosamente anche se non si può telefonare automaticamente alla polizia: si può connettere una lampada al relè per rivelare se c'è stato un allarme.

ESERCIZIO 5-24: *Sarebbe possibile eliminare l'istruzione CPY # $ 00 all'indirizzo 0299?*

ESERCIZIO 5-25: *Si aggiunga un pulsante di chiamata in caso di paura, che sia possibile attivare in qualsiasi momento. Si modifichi il suono dell'allarme in modo che i vicini possano differenziare tra questa chiamata e l'allarme vero e proprio.*

CONTROLLO DI UN MOTORE IN CORRENTE CONTINUA

Questo programma si propone di controllare la velocità di un motore in corrente continua. Un comune motore di basso costo, per impieghi hobbystici, in c.c. a 12V può essere connesso alla scheda microcomputer e la velocità di rotazione può essere impostata mediante degli interruttori. Si utilizzeranno tre interruttori, in modo da ottenere otto diverse combinazioni, corrispondenti ad otto velocità di rotazione diverse. La Figura 5-36 mostra il circuito del motore, mentre la Figura 5-27 riporta lo schema delle connessioni degli interruttori.

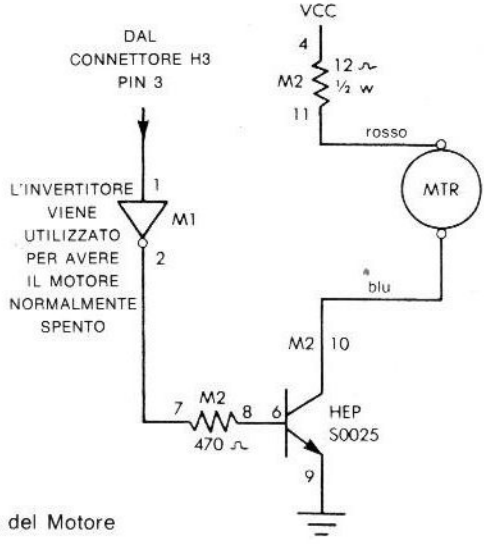


Figura 5-36: Circuito del Motore

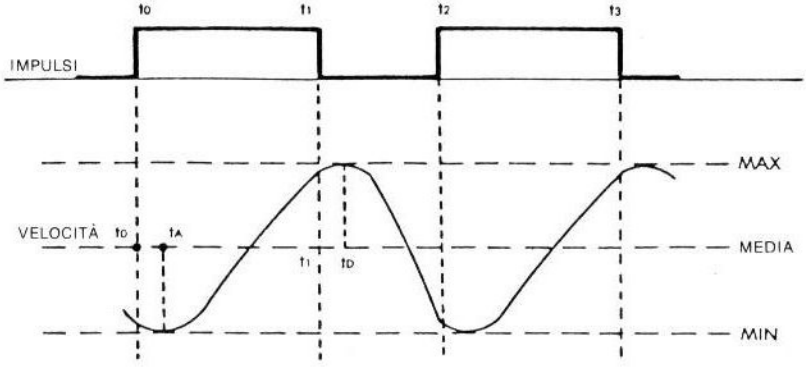


Figura 5-37: Controllo Digitale della Velocità

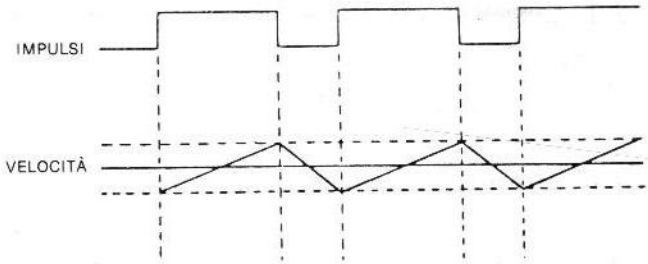


Figura 5-38: Diagramma Semplificato della Velocità

Il principio impiegato per controllare la velocità del motore è di accenderlo per una durata prefissata e quindi di spegnerlo. A causa della sua inerzia rotativa il motore si manterrà in rotazione per un certo tempo. Successivamente verrà generato un nuovo impulso di alimentazione che lo accelererà. Questo schema viene quindi ripetuto. La Figura 5-37 riporta l'andamento della velocità risultante del motore, mentre la Figura 5-38 mostra un diagramma semplificato della stessa curva. Sostanzialmente si tratta di una curva a dente di sega in cui il motore accelera finché si fornisce potenza e decelera quando non è alimentato. Nella Figura 5-37 la velocità media è indicata con una retta orizzontale tra le velocità minima e massima. Dalla figura si può vedere che la velocità oscillerà continuamente tra i valori minimo e massimo. La velocità deve essere definita con buona precisione, quindi i valori massimo e minimo devono essere vicini. Questo si può ottenere impiegando degli impulsi brevi. Comunque, come per qualsiasi fenomeno che coinvolge inerzia ed oscillazioni, si possono verificare delle instabilità. In particolare occorre notare che, se l'impulso di accensione viene fornito prima del tempo "t_D" la

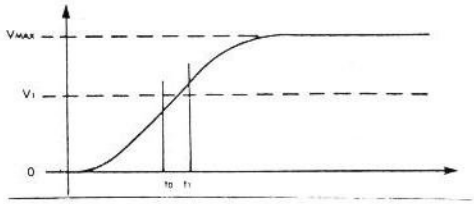


Figura 5-39: Curva di Velocità del Motore in c.c.

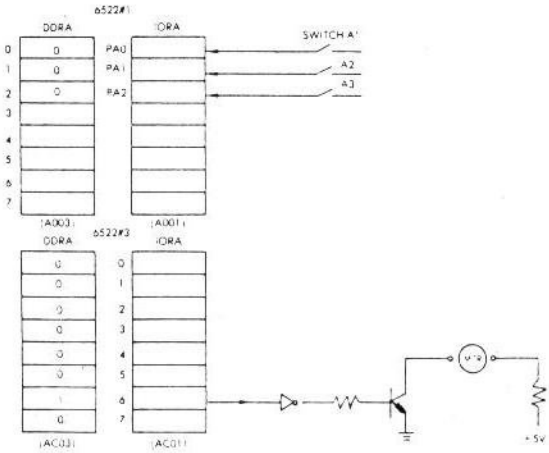


Figura 5-40: Le Connessioni

velocità, invece di decrescere, aumenterà. Si possono verificare inoltre dei fenomeni più complessi, cosa che non verrà fatta in questa sede. Qui si progetterà semplicemente un programma a ritardo regolabile e quindi si regoleranno questi ritardi compatibilmente con il tipo di motore che si sta utilizzando. Si sottolinea che questi ritardi possono essere utilizzati in vari modi per migliorare la precisione della velocità ottenuta e/o eliminare problemi di oscillazioni.

Le Connessioni Hardware

Si impiegano due porte: 6522 #1 e 6522 #3, come mostrato in Figura 5-40. Il registro IORA viene impiegato come porta d'ingresso per i tre interruttori. Il posizionamento degli interruttori determinerà la velocità del motore. Il valore corrispondente di DDRA è mostrato sulla sinistra della figura. L'IORA del 6522 #3 viene impiegato come porta di controllo per il motore stesso. Il motore è connesso al bit 6 di IORA. La Figura 5-36 riporta i dettagli dell'interfaccia. Il driver è richiesto per invertire il segnale ed il transistor viene impiegato per fornire una corrente sufficiente.

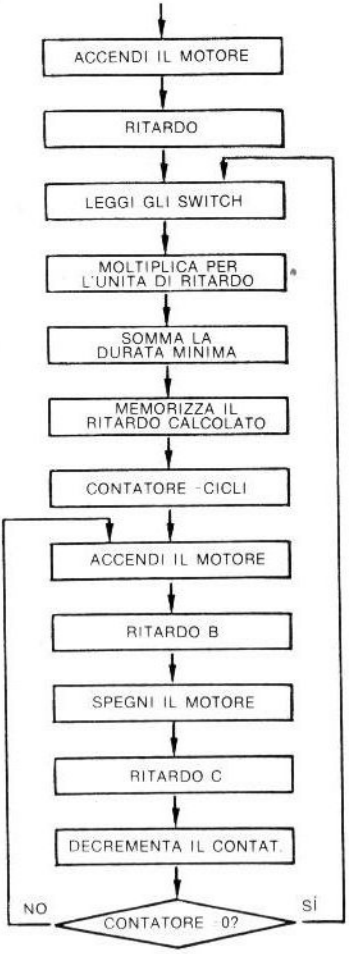


Figura 5-41: Diagramma di flusso del Motore in c.c.

Il Programma

La Figura 5-41 mostra il diagramma di flusso del programma. Il motore rimarrà acceso per un periodo T_{on} e spento per un periodo T_{off}. In questo algoritmo la durata di spegnimento è fissa mentre T_{on} aumenta proporzionalmente al posizionamento degli interruttori da "000" ad "111". In questo caso la durata minima di T_{on} corrisponde al posizionamento "000".
Il ritardo corrispondente ad un certo posizionamento degli interruttori può essere calcolato utilizzando la formula:

$$T_{on} = MIN + Unità \times interruttori.$$

Numericamente, le costanti impiegate per i ritardi sono:

$$RITARDO_{OFF} = C0_H = 192 \text{ decimale}$$
$$RITARDO_{ON} = 80_H + interruttori \times 0B_H =$$
$$128 + interruttori \times 11 \text{ (decimale)}$$

000	001	010	011	100	101	110	111
128	139	150	161	172	183	197	205

INTERRUTTORI	000	001	010	011	100	101	110	111
$RITARDO_{ON}$	128	139	150	161	172	183	197	205

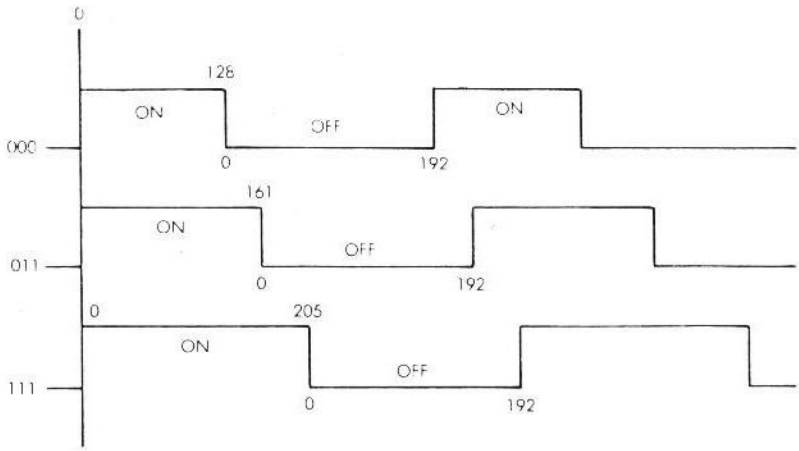


Figura 5-42: Le Forme d'Onda

La Figura 5-42 riporta le forme d'onda generate in corrispondenza delle diverse impostazioni. Si osservi il flow-chart di Figura 5-41: il motore viene acceso per una durata iniziale per ottenere una velocità rotativa iniziale (altrimenti un treno di impulsi potrebbe non essere in grado di farlo partire). Viene quindi letto il valore impostato sugli interruttori e calcolato il ritardo corrispondente. Il valore impostato sugli interruttori, moltiplicato per l'unità di ritardo, viene sommato alla durata minima d'impulso. Il ritardo risultante viene memorizzato. Il motore viene quindi acceso per il ritardo calcolato. Questo è il Ritardo B. Quindi il motore viene spento per una durata chiamata Ritardo C. Questo processo viene ripetuto per diversi cicli per stabilizzare

la velocità. Quindi si eseguirà una nuova lettura degli interruttori e, se l'impostazione è stata cambiata, si genererà una nuova velocità. Si noti che il ritardo generato dalla ripetizione diverse volte del ciclo elimina il problema del rimbalzo. Se non è consentito un ritardo per la stabilizzazione della velocità, si dovrebbe eliminare il rimbalzo degli interruttori per via hardware o per via software (Vedere per i dettagli sull'eliminazione del rimbalzo "Tecniche di interfacciamento dei microprocessori").

Connessione: Connettore A al connettore H2
Connettore AA al connettore H3

Questo programma legge gli switch A1-A3 per definire la velocità del motore richiesta ed aziona conseguentemente il motore.

Questo programma impiega due subroutine: DLYA e DLYB.

02B0	A9	40		MOTOR	LDA	#$40	
02B2	8D	03	AC		STA	$AC03	Poni VIA #3 DDRA – 40 per l'uscita del driver del motore
02B5	A9	00			LDA	#$00	Accendi il motore per una durata DLYA per ottenere la velocità iniziale
02B7	8D	01	AC		STA	$AC01	
02BA	A9	FF			LDA	#$FF	
02BC	85	00			STA	$00	
02BE	20	20	01		JSR	DLYA	
02C1	A9	00			LDA	#$00	Poni VIA #1 DDRA – 00 per il modo d'ingresso
02C3	8D	03	A0		STA	$A003	
02C6	AD	01	A0	MTRSP	LDA	$A001	Leggi gli switch
02C9	29	07			AND	#$07	Ignora i 5 bit superiori
02CB	A8				TAY		(Y) – lettura degli switch
02CC	A9	0B			LDA	#$0B	Poni la differenza dei ritardi di accensione = 0B tra il posizionamento degli switch
02CE	85	06			STA	$06	
02D0	C0	00		LP8	CPY	#$00	
92D2	F0	07			BEQ	ONDLY	
02D4	18				CLC		
02D5	65	06			ADC	$06	
02D7	88				DEY		Ricicla finché ($0006) = (lettura switch × $0B)
02D8	4C	D0	02		JMP	LP8	
02DB	85	06		ONDLY	STA	$06	
02DD	A9	80			LDA	#$80	Calcolo del ritardo di accensione = 80 + (lettura switch × 0B)
02DF	18				CLC		
02E0	65	06			ADC	$06	
02E2	85	06			STA	$06	Memorizza questa costante alla locaz. 0006
02E4	A0	C0			LDY	#$C0	
02E6	A5	06		MTRON	LDA	$06	Trasferisci (0006) alla loc. 0004 prima di chiamare DLYB
02E8	85	04			STA	$04	
02EA	A9	00			LDA	#$00	Accendi il motore
02EC	8D	01	AC		STA	$AC01	
02EF	20	48	02		JSR	DLYB	Quindi chiama DLYB
02F2	A9	C0			LDA	#$C0	Poni la costante del ritardo di spegnimento = C0, indipendentemente dalla lettura degli switch, carica questo alla loc. 0004
02F4	85	04			STA	$04	
02F6	A9	40		MTROFF	LDA	#$40	Spegni il motore
02F8	8D	01	AC		STA	$AC01	
02FB	20	48	02		JSR	DLYB	Quindi chiama DLYB
02FE	88				DEY		
O2FF	C0	00			CPY	#$00	Ripeti questa sequenza di on-off finché (Y) = 00
0301	30	E3			BMI	MTRON	
0303	4C	C6	02		JMP	MTRSP	Quindi leggi l'impostazione switch e ripeti

Figura 5-43: Controllo del motore (Programma 5-8)

La Figura 5-43 riporta il programma. Le prime quattro istruzioni accendono il motore condizionando il registro di direzione dati e caricando "0" nel registro dei dati:

```
MOTOR   LDA   #$40
        STA   $AC03
        LDA   #$00
AC      STA   $AC01
```

Nella locazione di memoria "00" viene quindi depositato un valore di ritardo "FF", in accordo con la convenzione di passaggio di un parametro alla subroutine DLYA (Vedere programma 5-1). Viene quindi richiamata la subroutine DLYA; essa realizza il ritardo iniziale richiesto affinché il motore acquisti la sua velocità iniziale.

```
        LDA   #$FF
        STA   $00
        JSR   DLYA
```

Viene quindi letto il valore impostato sugli interruttori:

```
        LDA   #$00
        STA   $A003
MTRSP   LDA   $A001
```

Da questa lettura vengono estratti i tre bit di ordine più basso:

```
        AND   #$07      MASCHERA
        TAY
```

Per ogni posizione degli interruttori, eccetto "000", si aggiunge un'unità addizionale di ritardo alla durata minima di "0B" esadecimale. Quindi il valore della lettura degli interruttori viene salvato nel registro indice Y ed il ritardo della durata iniziale viene caricato nella locazione di memoria "06".

```
        LDA   #$0B
        STA   $06
```

LP8 è un ciclo addizionale che aggiunge all'unità di ritardo il numero di volte specificato dal posizionamento degli interruttori:

```
LP8     CPY   #$00
        BEQ   ONDLY
        CLC
        ADC   $06
        DEY
        JMP   LP8
```

ESERCIZIO 5-26: *Siete in grado di modificare il codice precedente in modo che CPY #00 non sia indispensabile? Perché?*

Una volta arrivati ad ONDLY, la locazione di memoria "06" contiene la durata addizionale dell'impulso, come specificato dagli interruttori. Viene quindi aggiunta alla durata minima "80" esadecimale:

```
ONDLY   STA   $06
        LDA   #$80
        CLC
        ADC   $06
        STA   $06
```

Il registro Y viene caricato con il valore esadecimale "C0" che specifica il numero di volte che il motore verrà acceso e spento:

```
        LDY     #$C0
```

Una volta raggiunta la locazione MITRON, la locazione di memoria "06" contiene la costante necessaria a realizzare il ritardo di accensione. Questo viene trasferito nella locazione "04" in modo che possa utilizzarlo la subroutine DLYB. Il motore viene acceso e quindi eseguito il ritardo:

```
MTRON   LDA     $06
        STA     $04
        LDA     #$00        ACCENSIONE DEL MOTORE
        STA     $AC01
        JSR     DLYB
```

Deve quindi essere realizzato il ritardo di spegnimento ed il valore esadecimale "C0" viene caricato nella locazione di memoria "04". Il motore viene spento e realizzato il ritardo per mezzo della subroutine DLYB:

```
        LDA     #$C0
        STA     $04
MTROFF  LDA     #$40        MOTORE SPENTO
        STA     $AC01
        JSR     DLYB
```

Dopo che il motore è stato spento viene decrementato il contatore del ciclo Y. In questo caso il registro indice Y viene utilizzato per contare il numero di volte dell'esecuzione del ciclo di accensione/spegnimento. Esso è stato caricato con il valore iniziale esadecimale "C0" esadecimale e viene decrementato ogni volta che il motore vien spento. Quando si raggiunge il valore "0" il programma ritorna a MTRON per eseguire ancora un ciclo di accensione/spegnimento:

```
        DEY
        CPY     #$00
        BMI     MTRON
        JMP     MTRSP
```

Consideriamo ora dei miglioramenti del programma.

ESERCIZIO 5-26: *Eseguiamo inizialmente alcuni miglioramenti nello stile: Si esamini il programma corrispondente agli indirizzi di memoria da 2D0 a 2D8. Sapreste suggerire un miglioramento per la scrittura del codice? (Suggerimento: Si può risparmiare un'istruzione.)*

ESERCIZIO 5-27: *Stessa domanda per le righe da 02FF a 0303.*

ESERCIZIO 5-28: *Questo esercizio è molto interessante se si sta eseguendo un esperimento su un motore reale: se si aumenta progressivamente il ritardo di spegnimento, mediante la variazione della costante appropriata del programma, cosa accade?*

ESERCIZIO 5-29: *Stessa domanda nel caso che si diminuisca il ritardo di accensione. Qual è il problema?*

ESERCIZIO 5-30: *Si potrebbe realizzare un algoritmo alternativo inviando un numero variabile di impulsi di accensione di durata costante, cioè regolando la durata del ritardo di spegnimento invece di quello di accensione. Siete in grado di modificare conseguentemente il programma?*

NOTA IMPORTANTE: *Poiché ogni motore ha caratteristiche diverse la miglior temporizzazione del programma può essere determinata con un processo a prova d'errore. Si incoraggia vivamente il lettore a modificare le varie costanti di tempo utilizzate in modo da avere un ritardo di accensione minimo, il minimo ritardo di spegnimento, fornendo incrementi fino ad ottenere l'impostazione caratterizzata dai migliori risultati. Inoltre, collegando il motore ad un carico, cioè ad un dispositivo reale, si introdurranno parametri addizionali di inerzia e frizione. Inoltre, i motori a basso costo per uso hobbystico, possono essere scarsamente lubrificati e, dopo un periodo di poche settimane o pochi mesi, possono presentare una frizione molto più alta. Quindi essi richiederanno un periodo di avviamento molto più lungo ed impulsi più lunghi. Comprendendo il funzionamento meccanico del motore sareste in grado di regolare corrispondentemente i parametri elettrici.*

ESERCIZIO 5-31: *Che cosa succede se si invia un impulso di accensione molto breve?*

Il programma precedente contiene un ciclo di controllo aperto per la regolazione della velocità del motore ma non esegue la sua misura. Consideriamo i miglioramenti possibili di questa tecnica.

ESERCIZIO 5-32: *Si mostri l'impostazione di velocità del motore. L'impostazione di velocità del motore potrebbe essere identica all'impostazione degli interruttori, cioè si potrebbe mostrare un numero compreso tra 0 e 7.*

Come prossimo esercizio si intende realizzare un controllo reale ad anello chiuso. Questo esercizio è particolarmente interessante se si vuole capire il concetto di regolazione di un disk, per esempio. All'albero del disk, contenuto nella sua busta, viene connesso un modo semplice ed efficiente per misurare la velocità del motore. Un foro, chiamato foro indice, è stato pre-forato nel disk. Si dispone il disk in modo che una sorgente luminosa si trovi da un lato del disk stesso e che un ricevitore si trovi dall'altro lato. Essi dovrebbero essere disposti in modo che, quando il foro passa di fronte al diodo emettitore di luce, la luce illumina il ricevitore. (Questa è la disposizione tipica di un floppy disk per la rivelazione del foro indice del disk). Ogni volta che viene illuminato il ricevitore, si formerà un impulso. Contando il numero di impulsi al secondo si ottiene la velocità rotativa esatta del motore in giri al secondo. Impiegando questa informazione è possibile regolare la durata, o la frequenza degli impulsi di accensione o di spegnimento per regolare la velocità con grande precisione. La regolazione di velocità del floppy disk va oltre queste considerazioni in quanto la velocità del floppy disk deve essere regolata con grande precisione anche durante una rotazione parziale del disk. Sul disk si utilizza un'informazione addizionale: l'informazione è registrata sulla traccia e gli impulsi sono impiegati per regolare la velocità di rotazione durante una parte di una rivoluzione singola. Nel caso del motore è importante misurare la velocità effettiva in quanto un carico qualsiasi sul motore modificherà la velocità. Per realizzare questo sono già state introdotte tutte le tecniche hardware e software necessarie.

ESERCIZIO 5-33: *Si scriva il programma che realizzi quando detto.*

CONVERSIONE ANALOGICO-DIGITALE (UN SENSORE DI CALORE)

Per la misura della temperatura si utilizzerà un termistore. Si potrebbe utilizzare qualsiasi altro dispositivo in grado di rivelare il calore. La resistenza del termistore varia con la temperatura. Si utilizzerà questa caratteristica per rivelare variazioni di temperatura in un certo ambiente

e per prendere dei provvedimenti in dipendenza della temperatura misurata. Il problema principale è, dato un valore analogico (cioè un valore che varia con continuità, in questo caso la resistenza del termistore), determinare il valore binario corrispondente. Questo problema è denominato conversione analogico-digitale. Attualmente esistono dei dispositivi che eseguono questa conversione praticamente con un solo componente.

In questa sede vogliamo utilizzare la scelta meno dispendiosa (e più istruttiva) che impiega un convertitore digitale-analogico ed alcuni amplificatori operazionali. La conversione analogico-digitale verrà eseguita per mezzo del programma (Per i dettagli sulle tecniche di conversione analogico-digitale si rimanda al Capitolo 5 del libro "Tecniche di Interfacciamento dei microprocessori").

Qui si utilizzerà una *tecnica di approssimazioni successive*. Si genera un valore binario iniziale e lo si converte in forma analogica; successivamente questa approssimazione analogica verrà confrontata, mediante un comparatore, con il valore generato dal termistore. Il risultato del confronto, "0" oppure "1", dipendentemente se è maggiore o minore, verrà impiegato per generare la successiva approssimazione.

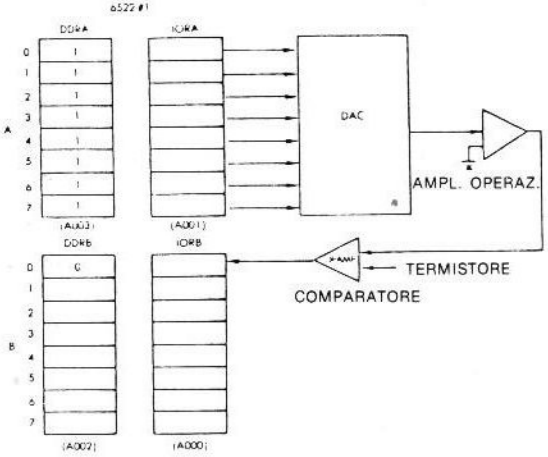


Figura 5-44: Connessione dell'ADC

La Figura 5-44 riporta la connessione hardware utilizzata in questo esperimento: l'uscita ad 8 bit di IORA è connessa ad un DAC ad 8 bit, cioè al convertitore digitale-analogico. Questo convertitore digitale-analogico trasforma il numero binario di 8 bit in un segnale analogico il cui valore viene confrontato con quello del termistore. L'uscita del convertitore ritorna ad IORB, precisamente al bit 0, per essere rivelata.

L'algoritmo considera in successione ogni bit di IORA da quello più significativo (bit 7) fino al bit 0.

Il valore iniziale sarà "10000000". Se esso risulta troppo piccolo si lascia invariato il bit 7 e si pone ad "1" il bit 6. Quindi la successiva approssimazione sarà "11000000". Se a questo punto il valore approssimante è troppo alto (risultato dalla lettura dell'uscita del comparatore) allora si pone nuovamente il bit 6 uguale a "0". L'approssimazione successiva sarà quindi "10100000". Si noti che il bit 5 è stato automaticamente posto ad "1". Quindi il procedimento si ripete.

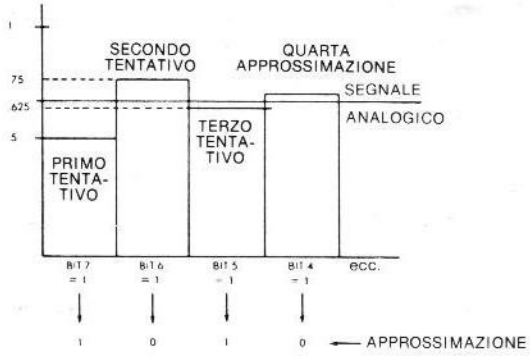


Figura 5-45: Approssimazioni successive

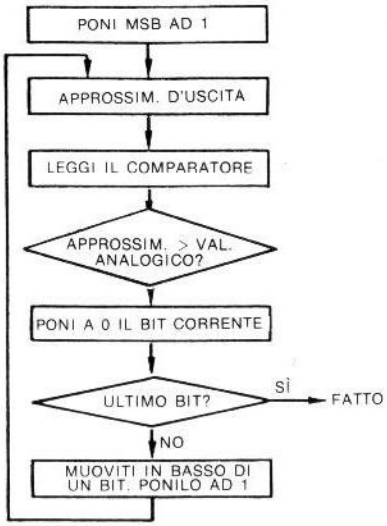


Figura 5-46: Diagramma di flusso delle Approssimazioni Successive

La Figura 5-45 illustra l'algoritmo formale e la Figura 5-46 il diagramma di flusso. Il processo continua fino alla determinazione di tutti gli otto bit. Il valore binario risultante è la migliore approssimazione possibile del valore analogico, con la precisione consentita da una rappresentazione di 8 bit. Naturalmente si assume che l'algoritmo sia sufficientemente veloce in modo che il valore analogico non cambi apprezzabilmente durante la misura. Diversamente occorre utilizzare un circuito *sample-and-hold*. La Figura 5-45 mostra il caso in cui il metodo conduce esattamente al valore analogico. Ogni volta che si impiega un nuovo bit l'intervallo viene diviso per due.

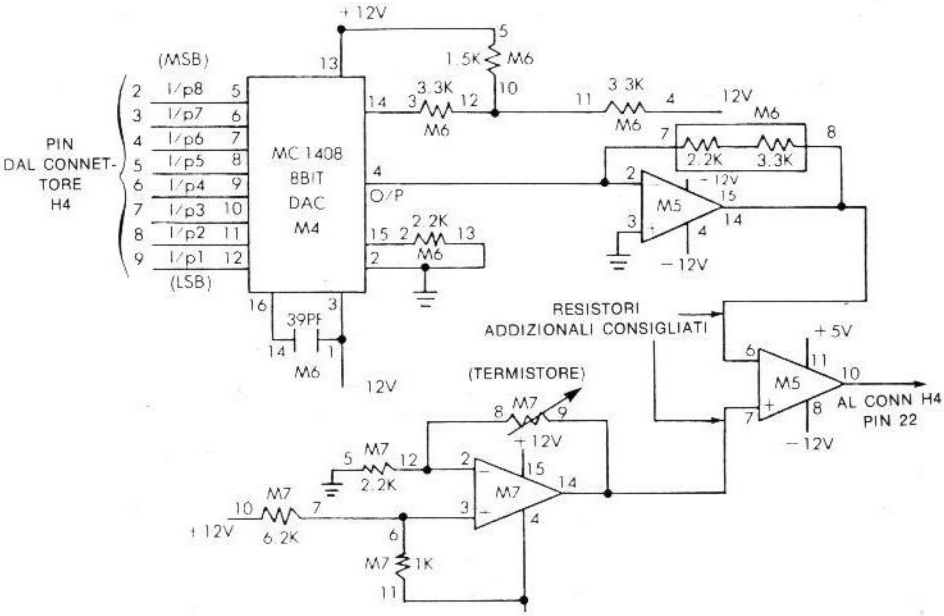


Figura 5-47: Interfaccia dell'ADC

La Connessione Hardware

Le Figure 5-47 e 5-48 mostrano la connessione hardware. Il DAC impiegato in questo caso è un MC1408, che richiede un'alimentazione di 12V. La sua uscita pilota l'amplificatore operazionale M5 che alimenta l'ingresso del comparatore. Il termistore appare in basso nell'illustrazione ed alimenta l'altro ingresso del comparatore. L'uscita del comparatore è connessa al pin 22 del connettore H4 ed alimenta il bit0 di IORB del 6522 # 1.

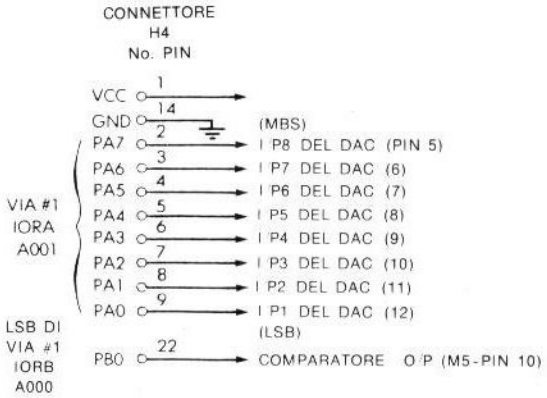


Figura 5-48: Connessione ad H4

Il Programma

Questo programma è realizzato in modo che il valore della temperatura misurata sul termistore venga rivelato dalla frequenza di un tono su un altoparlante. Il periodo del tono diventerà più alto all'aumentare della temperatura.

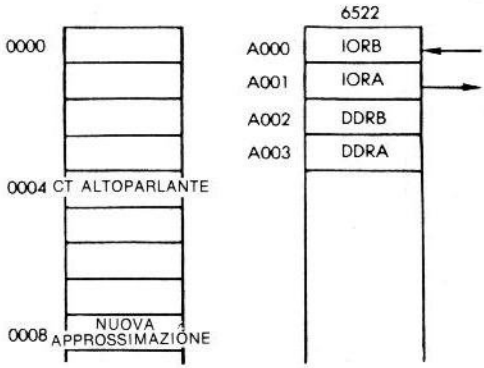


Figura 5-49: Mappa di memoria per l'ADC

La Figura 5-49 riporta la mappa di memoria del programma di conversione analogico-digitale. La locazione di memoria 4 viene utilizzata per immagazzinare la costante impiegata dal programma DLYB, che genera un ritardo in funzione del valore della costante. La locazione 8 viene impiegata per immagazzinare la nuova approssimazione calcolata dal programma. Il 6522 #1 viene rappresentato nelle locazioni di memoria A000 e successive.

La Figura 5-50 rappresenta il diagramma di flusso. Il 6522 viene inizialmente configurato con IORA come uscita del DAC ed il bit0 di IORB come ingresso del comparatore. Il registro del puntatore viene posto al valore iniziale "10000000" che è il valore approssimante iniziale. Questo registro puntatore punterà al bit da valutare nel ciclo di approssimazione. Ogni volta che è stato completato un ciclo il bit verrà spostato a destra di una posizione.

Il valore di approssimazione iniziale viene posto uguale al registro puntatore. Questo valore viene quindi convertito in analogico. Viene quindi implementato un ritardo per fornire al DAC il tempo sufficiente per la conversione e poi si esamina l'uscita. Se l'uscita del comparatore è "1" allora il valore approssimante è troppo piccolo ed il bit corrente deve rimanere invariato; invece, se l'uscita del comparatore è "0", il valore approssimante è troppo alto ed il bit corrente deve essere posto a "0". Successivamente il registro del puntatore viene fatto scorrere a destra di una posizione di bit in modo da puntare al bit da impiegare nel ciclo successivo. Quando si raggiunge l'ultimo bit si calcola l'approssimazione finale.

Una volta raggiunto il valore dell'approssimazione finale si deve generare un tono con periodo dipendente dal valore della misura. Si utilizza una frequenza di tono minima e la costante del periodo viene ottenuta sommando il valore dell'approssimazione a questa frequenza minima. Per il funzionamento dell'altoparlante viene quindi richiamata la routine dell'altoparlante (BSCSPK). Dopo che l'altoparlante ha suonato per un periodo di tempo minimo il programma legge ancora il valore del termistore.

Sulla scheda il modo più veloce per ottenere un responso udibile è di posizionare il termistore in prossimità della punta del saldatore (o di una sigaretta). Il suono emesso dall'altoparlante dovrebbe aumentare velocemente in periodo. Quando si allontana la sorgente di calore dal termistore l'altoparlante eseguirà una sequenza inversa. Naturalmente il termistore potrebbe essere esterno alla scheda. Opportunamente isolato, esso può essere posizionato su una parete, un contenitore oppure in qualsiasi altro dispositivo del quale si vuole rilevare la temperatura. Per esempio se si vuole controllare la temperatura di un ambiente si può utilizzare un elemento riscaldante connesso ad un relé. Potrebbe rimanere il problema di calibrare il termistore in modo da poter eseguire delle misure precise di temperatura.

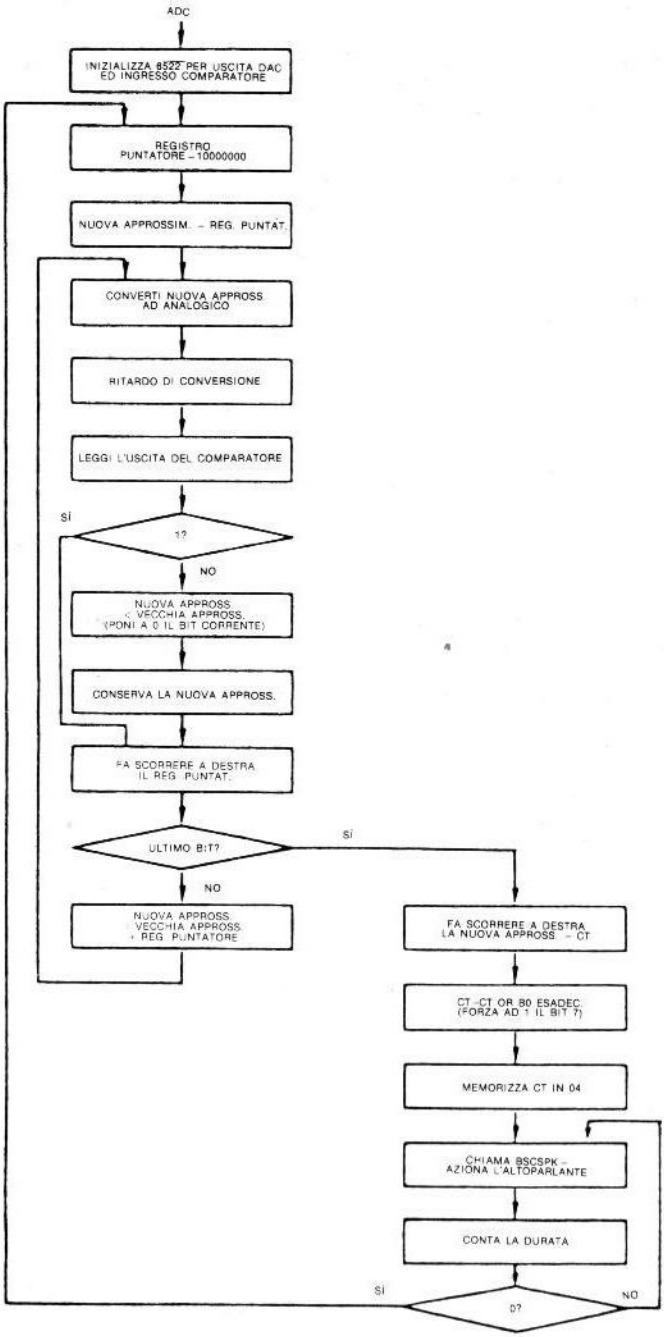


Figura 5-50: Diagramma di flusso per l'ADC

Connessione: Connettore A al connettore H4
Connettore AA al connettore H3

Questo programma opera per approssimazioni successive con un DAC in modo da rivelare con continuità il valore analogico di un termistore. Quindi il valore digitale approssimato viene impiegato come parametro per controllare la frequenza dell'altoparlante. Dalla variazione di frequenza si può dire se la temperatura sta aumentando o diminuendo.

La frequenza dell'altoparlante è proporzionale alla temperatura (o alla resistenza del termistore).

Questo programma utilizza le subroutine BSCSPK e DLYB.

0360	A9	FF		ADC	LDA	#$FF	
0362	8D	03	A0		STA	$A003	Configura VIA #1 DDRA = FF come uscita per pilotare il DAC
0365	A9	00			LDA	#$00	
0367	8D	02	A0		STA	$A002	Configura VIA #1 DDRB = 00 come ingresso per leggere il comparatore
036A	A9	80		FSTBIT	LDA	#$80	Poni MSB per approssimazione
036C	A8				TAY		(Y) memorizza il bit corrente sotto test
036D	85	08			STA	$08	La loc. 0008 memorizza il valore corrente sotto test
036F	A5	08		NXTBIT	LDA	$08	
0371	8D	01	A0		STA	$A001	Uscita del valore corrente al DAC
0374	A2	20			LDX	#$20	Ritardo per posizionamento comparatore
0376	CA			LP9	DEX		
0377	E0	00			CPX	#$00	
0379	10	FB			BPL	LP9	
037B	AD	00	A0		LDA	#$A000	Leggi l'uscita del comparatore
037E	29	01			AND	#$01	Accetta il bit 0
0380	C9	01			CMP	#$01	
0382	F0	05			BEQ	SHFBIT	Uscita comparatore = 1 significa uscita DAC ancora troppo bassa, conserva il valore corrente e fa scorrere il bit, altrimenti l'uscita del DAC è troppo alta e ricava il bit corrente dal valore corrente, quindi fa scorrere il bit
0384	98				TYA		
0385	45	08			EOR	$08	
0387	85	08			STA	$08	
0389	98			SHIFBIT	TYA		
038A	4A				LSR	A	Fa scorrere a destra (Y) di 1 bit per l'approssimazione successiva
038B	A8				TAY		
038C	C9	00			CMP	#$00	
038E	F0	08			BEQ	ECHO	(Y) = 0 significa approssimazione completata, aziona l'altoparlante
0390	18				CLC		
0391	65	08			ADC	$08	(Y) = 0, valore corrente più bit successivo come uscita al DAC per l'approssimazione successiva
0393	85	08			STA	$08	
0395	4C	6F	03		JMP	NXTBIT	
0398	A0	F0		ECHO	LDY	#$F0	Costante di ritardo per ogni frequenza
039A	A5	08			LDA	$08	
039C	4A				LSR	A	
039D	85	04			STA	$04	
039F	A9	80			LDA	#$80	
03A1	05	04			ORA	$04	Calcola la costante di frequenza corrispondente e memorizzala alla loc. 0004
03A3	85	04			STA	$04	
03A5	20	30	02	SPKR	JSR	BSCSPK	Chiama BSCSPK per attivare l'altoparlante
03A8	88				DEY		
03A9	C0	00			CPY	#$00	
03AB	30	F8			BMI	SPKR	
03AD	4C	6A	03		JMP	FSTBIT	Ripeti per la sequenza di approssimazione successiva

Figura 5-51: Convertitore Analogico-Digitale (Programma 5-9)

Esaminiamo ora il programma per suggerire dei miglioramenti. La Figura 5-51 riporta il programma. Le prime quattro istruzioni condizionano i registri di direzione dati per le porte A e B del 6522 # 1, rispettivamente come uscita (con un DAC) e come ingresso (per il comparatore):

```
ADC     LDA     #$FF
        STA     $A003     DDRA1=FF=USCITA
        LDA     #$00
        STA     $A002     DDRB1=00=INGRESSO
```

Le due istruzioni successive immagazzinano il valore letterale dell'esadecimale "80" nel registro Y. Questo è il registro puntatore che viene impostato al valore iniziale "10000000" in binario.

```
FSTBIT  LDA     #$80
        TAY
```

La locazione di memoria "08" viene quindi riservata per memorizzare l'approssimazione corrente. Essa viene inizializzata ad 10000000:

```
        STA     $08
```

Si entra quindi nel ciclo di iterazione principale. L'approssimazione binaria viene prelevata dalla locazione di memoria "08" ed inviata al DAC:

```
NXTBIT  LDA     $08
        STA     $A001
```

Viene quindi realizzato un ritardo per consentire il posizionamento del comparatore:

```
        LDX     #$20
LP9     DEX
        CPX     #$00
        BPL     LP9
```

Viene letta l'uscita del comparatore:

```
        LDA     #A000     USCITA COMPARATORE
```

Viene quindi prelevato e controllato il bit 0 di IORB:

```
        AND     #$01      BIT 0
        CMP     #$01
        BEQ     SHFBIT
```

Se esso risulta "1" l'approssimazione è troppo bassa ed il bit successivo deve essere posto ad "1". Se esso è "0" il valore è troppo alto ed il bit corrente deve essere posto a "0":

```
        TYA
        EOR     $08
        STA     $08
```

Dopo aver aggiustato, se necessario, il valore dell'approssimazione corrente, si fa scorrere a destra il registro puntatore per il bit successivo dell'iterazione:

```
SHFBIT  TYA
        LSR     A
```

Se si è raggiunto l'ultimo bit si è ottenuta la miglior approssimazione possibile e si salta alla locazione ECHO per azionare l'altoparlante:

```
        TYA
        CMP     #$00
        BEQ     ECHO
```

Altrimenti si pone ad "1" il bit successivo dell'approssimazione si ritorna all'inizio del ciclo:

```
        CLC
        ADC     $08
        STA     $08
        JMP     NXTBIT
```

La routine ECHO metterà in azione l'altoparlante in funzione del valore misurato. In questa routine, il registro Y viene impiegato per realizzare il ritardo durante il quale suonerà l'altoparlante. In questo caso esso viene caricato con il valore esadecimale "F0". Il valore dell'approssimazione viene letto dalla locazione di memoria "08" e fatto scorrere a destra di una posizione di bit. Questo significa che il valore dell'ultimo bit dell'approssimazione non avrà influenza sul periodo della nota, impiegando questa tecnica.

Il bit 7 viene forzato al valore "1" in modo che l'altoparlante oscilli ad una frequenza minima garantita per l'udibilità.

Il valore risultante viene memorizzato nella locazione di memoria "04" che viene impiegata per trasferire un parametro alla routine BSCSPK, già presentata:

```
ECHO    LDY     #$F0
        LDA     $08
        LSR     A
        STA     $0A
        LDA     #$80
        ORA     $04
        STA     $04
SPK     JSR     BSCSPK      AZIONA L'ALTOPARLANTE
```

Successivamente viene richiamata la routine ed azionato l'altoparlante alla frequenza specificata. Viene quindi decrementato e controllato il registro Y e l'altoparlante suonerà finché esso non raggiunge il valore "0":

```
        DEY
        CPY     #$00
        BMI     SPKR
        JMP     FSTBIT
```

Una volta che l'altoparlante ha suonato per una durata prefissata, il programma ritorna all'inizio dell'approssimazione e rivela ancora lo stato del termistore.

ESERCIZIO 5-34: *Si mostri in esadecimale il valore dell'approssimazione ottenuta.*

ESERCIZIO 5-35: *È possibile eliminare dal programma l'istruzione "CPY #$00"?*

ESERCIZIO 5-36: *Calibrate il vostro termistore determinando la misura calcolata corrispondente ad una data temperatura misurata con un termometro. Si memorizzi questo valore in una tabella in modo da poter mostrare il valore della temperatura corrente e non il valore del registro dell'approssimazione.*

ESERCIZIO 5-37: *Si modifichi il programma in modo che l'altoparlante suoni da 1 a 10 volte, in dipendenza della temperatura che sta misurando. A temperatura ambiente esso suonerà una volta. Ad alta temperatura esso suonerà 10 volte. Questo è un modo udibile di comunicare i risultati della misura (con una scarsa precisione).*

ESERCIZIO 5-38: *Dopo aver calibrato il termistore si aggiunga un elemento riscaldante (che può essere acquistato a basso costo presso un magazzino hardware) e si regoli la temperatura di un recipiente d'acqua in modo che rimanga ad un valore costante T. Attenzione: la maggior parte dei termistori non sono protetti contro l'umidità e quindi occorre collegarli all'esterno del recipiente e non immergerli nell'acqua. Sono comunque disponibili delle termocoppie o dei termistori che sono resistenti all'acqua e possono essere immersi direttamente.*

ESERCIZIO 5-39: *Come ulteriore miglioramento del vostro sistema di allarme domestico (Vedere programma 5-7) si realizzi una routine del ciclo di controllo di base che controlli periodicamente la temperatura. Se la temperatura supera un livello impostato, per esempio 35 °C, suonerà un allarme. Questo è un rivelatore d'incendio.*

ESERCIZIO 5-40: *Altra variazione: Si vuole mantenere la punta del saldatore ad una certa distanza dal termistore in modo che quest'ultimo raggiunga una certa temperatura, diciamo 80 °C. Modificate il vostro programma in modo che esso accenda velocemente un LED non appena la temperatura è minore del valore impostato e che il LED si accenda lentamente quando ci si avvicina al livello di temperatura desiderato. Si può quindi utilizzare un altro LED per indicare se si è sotto o sopra la temperatura richiesta.*

SOMMARIO

In questo capitolo si sono sviluppate delle applicazioni reali, che vanno da un controllo domestico molto semplice ad un complesso controllo industriale. Alla scheda del microprocessore sono stati connessi diversi dispositivi d'ingresso/uscita, tra i quali gli interruttori, i LED, un motore in c.c., un termistore ed una coppia di foto-ricevitori-emettitori. La scelta dei dispositivi e delle tecniche presentate dovrebbe mettere in grado il lettore di risolvere un grande numero di problemi di controllo reali. Per maggiori informazioni sulle tecniche di interfacciamento specifiche si faccia riferimento al libro "Tecniche di Interfacciamento dei Microprocessori". Inoltre per sviluppare una vera capacità di programmazione si raccomanda vivamente di eseguire gli esperimenti.

Nel prossimo capitolo si realizzeranno le interfacce tra la scheda del 6502 e le periferiche reali del computer.

CAPITOLO 6

LE PERIFERICHE

INTRODUZIONE

Nel corso del capitolo si connetterà la scheda del 6502 a periferiche reali del computer. I programmi di questo paragrafo sono stati ottimizzati per mostrare le tecniche più "eleganti" per la risoluzione dei problemi, impiegando le risorse specifiche dei componenti coinvolti.

Inizialmente connetteremo una tastiera a matrice a 16 tasti e realizzeremo un impiego ottimale delle caratteristiche dei registri d'ingresso-uscita per minimizzare il numero di istruzioni richieste per identificare e mostrare il carattere. Successivamente si realizzerà un lettore di nastro di carta (banda) con mezzi di fortuna a basso costo. In questa applicazione la banda di carta può essere semplicemente inserita manualmente attraverso il lettore per essere letto correttamente dal microcomputer. Infine si mostrerà la semplicità di connessione di una microstampante (o di una tastiera ASCII) alla scheda del microcomputer. A questo punto il lettore dovrebbe avere acquisito una certa confidenza con gli artifici richiesti alla risoluzione dei problemi più comuni incontrati nelle applicazioni reali.

Le applicazioni presentate in questa sede sono semplici da realizzare e molto utili. I programmi sono direttamente applicabili al SYM, KIM o AIM65, con variazioni minime.

I programmi sono brevi e consentono un'utile esperienza anche se non si desidera connettere una periferica. Si raccomanda quindi un'attenta lettura di questo capitolo.

TASTIERA

Si connetterà inizialmente una tastiera esterna a matrice di 16 tasti (detta anche tastiera esadecimale) e si identificherà il tasto che è stato premuto. La Figura 6-1 mostra le connessioni della tastiera: essa è connessa agli 8 bit di IORA del 6522. I bit da 0 a 3 sono connessi alle righe, mentre i bit da 4 a 7 sono connessi alle colonne. Nello schema è stato premuto il tasto dell'intersezione della riga 2 e della colonna 7, connettendo la riga alla colonna.

Il registro di direzione dati è configurato per tutte le uscite. In questo programma si sfrutterà una caratteristica speciale di IORA del 6522. L'IORA è in realtà un registro *bi-direzionale:* si condizioneranno tutte le righe per essere uni e tutte le colonne per essere zeri. Se un tasto viene premuto la riga corrispondente sarà messa a massa dalla colonna attraverso il tasto premuto. Quando si rilegge IORA, il valore "0" nella riga corrispondente verrà scritto nel registro. Nell'esempio che si considera, leggendo IORA dopo aver premuto il tasto, il valore risultante sarà "00001011" in binario oppure "0B" in esadecimale. Impiegando una "tecnica di linea inversa", si scriverà in IORA "11111011" in binario oppure "FB" in esadecimale. Poiché la riga numero 2 è "0" (collegata a massa), essa collegherà a massa la colonna 7. Rieseguendo la

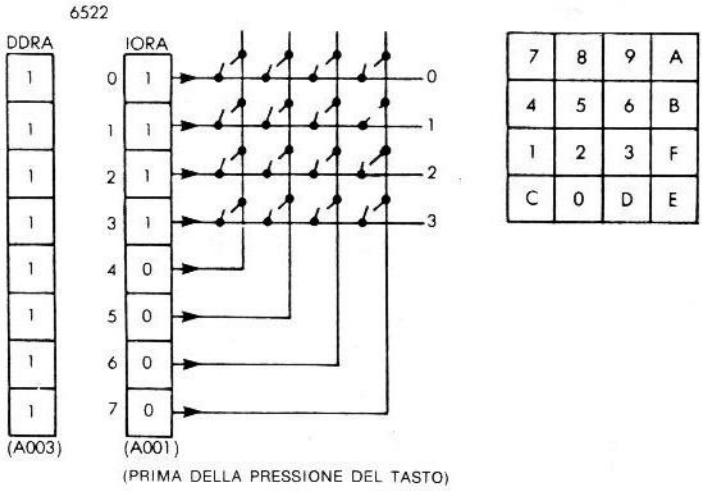


Figura 6-1: Connessione della Tastiera

lettura dei contenuti di IORA, si troverà il valore finale "01111011" in binario oppure "7B" in esadecimale. Ad ogni posizione di bit di IORA dove era presente uno "0", c'è stata la connessione tra la riga o la colonna corrispondente. Questa tecnica non solo rivelerà quale tasto è stato premuto ma anche errori, quale la pressione contemporanea di più tasti. Infatti se viene premuto più di un tasto alla volta, allora sono presenti più zeri per nibble (gruppo di quattro bit) in IORA.

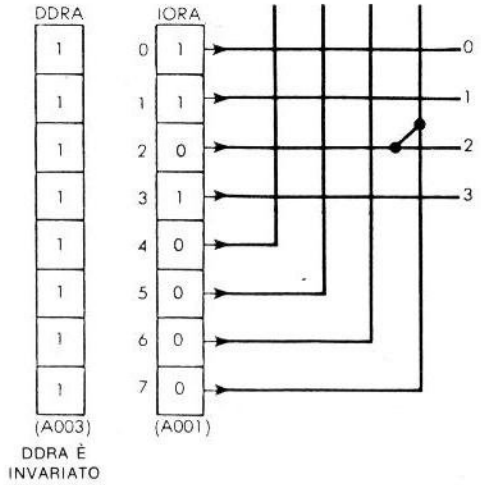


Figura 6-2: Passo 2 — Lettura di IORA dopo la Pressione di un Tasto

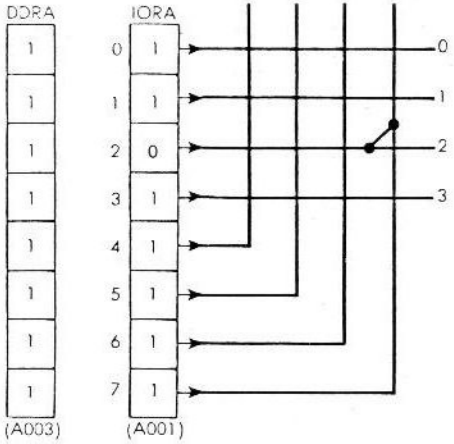


Figura 6-3: Passo 3 — Scrittura di IORA

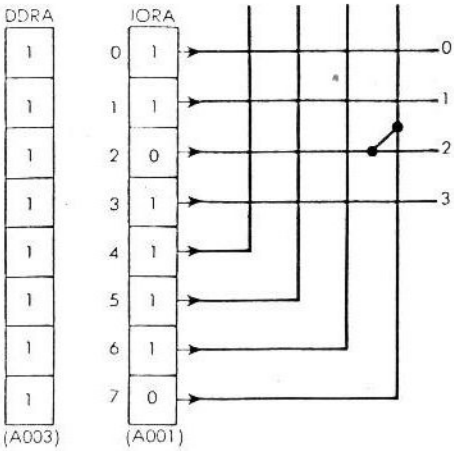


Figura 6-4: Passo 4 — Rilettura di IORA

Per identificare il carattere corrispondente al tasto che è stato premuto (un carattere esadecimale tra "0" ed "F") si costruisce semplicemente una tabella che fornisce la rappresentazione ASCII dei caratteri di ogni pattern consentito in IORA.

Per esempio, abbiamo appena determinato che, quando viene premuto il tasto "B", in IORA si trova il pattern esadecimale "7B". Per esercizio si incoraggia il lettore a calcolare il pattern di IORA per altri caratteri. La Figura 6-5 riporta la tabella corrispondente.

Se si dovesse rivelare un codice non consentito viene ignorato e si procede ad esplorare nuovamente la tastiera.

Infine, una volta ottenuto il codice ASCII del carattere, si procede a mostrarlo sul display.

Per esempio in questo caso, per mostrare il carattere, si utilizzerà l'apposita routine disponibile sul monitor della scheda da SYM. Alla fine del paragrafo si suggeriranno delle modifiche per mostrare il carattere su altri mezzi.

CARATTERE	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
ILCOD.	DE	ED	DD	BD	EB	DB	BB	E7	D7	B7	77	7B	EE	BE	7E	7D
ASCII	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	41	42	43	44	45	46

Figura 6-5: Tabella dei Codici dei Caratteri della Tastiera

NOTA: *Questo programma impiega tre routine di monitor: SCAND, HDOUT, ACCESS.*

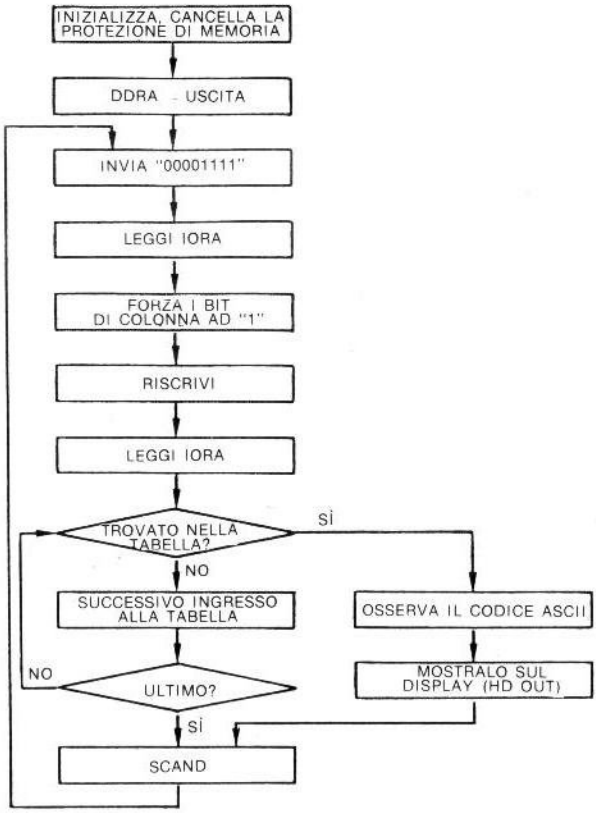


Figura 6-6: Diagramma di flusso della Tastiera

La Figura 6-6 riporta il diagramma di flusso del programma.

Il programma viene inizializzato, quindi si invia su IORA il pattern esadecimale "0F". Il valore di IORA viene riletto (senza cambiare DDRA!). Questo valore non deve essere memorizzato in un registro del 6502 oppure in memoria a causa della caratteristica bidirezionale del compo-

nente di IORA. *Esso sarà latched sul componente e rimarrà su di esso.* I quattro bit di colonna vengono quindi forzati ad "1" e viene fatto uscire un nuovo pattern di IORA. IORA viene quindi riletto in modo che si possa ottenere il pattern di bit finale. Il pattern nel registro IO viene quindi confrontato ancora con tutti i possibili valori della tabella ASCII della Figura 6-5. Se il codice di IORA non corrisponde all'ingresso corrente della tabella, si passa al successivo. Se nessuno corrisponde si ritorna all'inizio del ciclo.

La Figura 6-7 mostra il programma.

```
0000  20   86   8B   INIT    JSR   ACCESS
   3  A9   FF                LDA   #$FF
   5  8D   03   A0          STA   DDRA      DDRA è PAD
   8  A2   OF        START   LDX   #$0F
   A  8E   01   A0          STX   IORA      IORA è PA
   D  AD   01   A0          LDA   IORA      IORA è PA
0010  09   F0                ORA   #$F0
   2  8D   01   A0          STA   IORA      IORA è PA
   5  AD   01   A0          LDA   IORA      IORA è PA
   8  D5   30        LOOP    CMP   TAB, X
   A  F0   05                BEQ   DISPL
   C  CA                     DEX
   D  10   F9                BPL   LOOP
   F  30   05                BMI   SCAN
0021  B5   40        DISPL   LDA   ASCT, X
   3  20   00   89          JSR   HDOUT
   6  20   06   89   SCAN    JSR   SCAND
   9  4C   08   00          JMP   START
0030  E7   D7   B7   77 TAB  BYTE  $E7, $D7, $B7, $77, $EB, $DB,
      EB   DB   BB   7B             $BB, $7B, $ED, $DD, $BD,
      ED   DD   BD   7D             $7D, $EE, $DE, $BE, $7E
      EE   DE   BE   7E
0040  37   38   39   41 ASCT BYTE  '7, '8, '9, 'A, '4, '5, '6,
      34   35   36   42             'B, '1, '2, '3, 'F, 'C, '0,
      31   32   33   46             'D, 'E
      43   30   44   45
```

Figura 6-7: Programma della Tastiera (Programma 6-1)

La fase di inizializzazione rimuove la protezione della memoria, nel caso della scheda SYM; utilizzando la subroutine di ACCESS, quindi si procede a condizionare il registro di direzione dati della Porta A per predisporre tutte uscite:

```
INIT    JSR     ACCESS
        LDA     #$FF        "11111111" = USCITE
        STA     DDRA
```

Il pattern "00001111" viene quindi inviato al registro dati:

```
START   LDX     #$0F        "00001111"
        STX     IORA
```

Esso viene letto immediatamente e le colonne sono forzate a tutti uni mediante OR con il pattern "11110000":

```
        LDA     IORA
        ORA     #$F0        "11110000"
```

Il pattern risultante viene inviato al registro dei dati (IORA):

```
        STA     IORA
```

Esso viene riletto immediatamente ed ora contiene il pattern finale che verrà impiegasto per determinare il tasto che è stato premuto:

```
        LDA     IORA
```

Il codice contenuto nell'accumulatore verrà ora confrontato, in modo sequenziale, con ogni ingresso della tabella. Ogni volta che si ha una struttura a tabella, si utilizza convenientemente il modo di *indirizzamento indicizzato* per accedere in sequenza agli elementi. Il valore iniziale del registro indice è "0F" esadecimale, oppure "15" decimale. Si farà un confronto con l'ultimo ingresso della tabella (Vedere Figura 6-7).

Quindi verrà controllato quello precedente. Ogni volta che il confronto dà esito positivo si verifica un salto alla locazione DISPL:

```
LOOP    CMP     TAB,X
        BEQ     DISPL
        DEX
        BPL     LOOP
```

Se il confronto dà esito negativo si decrementa il registro X e quindi si procede al confronto del carattere successivo. Si deve eseguire il confronto con il valore "0": quando esso diventa negativo non è stato rivelato nessun tasto valido e si verifica un'uscita da SCAN:

```
        BMI     SCAN
```

A questo punto il registro X indica che il carattere è stato riconosciuto. Esso contiene un numero tra "0" e "15". Vogliamo ora convertire questo numero in codice ASCII, richiesto per il display (o la stampante) del carattere riconosciuto:

```
DSPL    LDA     ASCT,X
```

Nella locazione DISPL l'accumulatore viene caricato con il codice ASCII corrispondente al valore del carattere, determinato dal valore del registro indice X. Anche qui viene utilizzata una tecnica di *indirizzamento indicizzato* per questi dati ordinati sequenzialmente (Vedere Figura 6-9). La subroutine HDOUT (del SYM) provvede quindi a mostrare il carattere (routine SCAND per il SYM) prima di riprendere l'esplorazione della tastiera:

```
        JSR     HDOUT
SCAN    JSR     SCAND
        JMP     START
```

Il programma utilizza due tabelle di costanti. La prima è chiamata "TAB": essa contiene la lista dei pattern di bit consentiti che possono apparire su IORA. Il valore del registro indice X, nell'istante di lettura di uno di questi ingressi, determina l'identificazione del tasto che è stato premuto. La seconda tabella utilizzata è denominata "ASCT" e contiene il codice ASCII per ogni digit della tastiera.

Queste due tabelle sono riportate alla fine del programma in Figura 6-7. Si noti che il registro indice X *non contiene il digit esadecimale reale* corrispondente al tasto che è stato premuto. Da una sequenza di confronti con gli elementi di queste due tabelle si ricaverà il codice ASCII corretto per ogni pattern binario consentito trovato nella tabella TAB. Questa è la ragione per cui queste due tabelle nel programma non sono in sequenza esadecimale.

ESERCIZIO 6-1: *Si costruiscano le due tabelle, TAB ed ASCT di Figura 6-7 in modo che il valore del registro indice X sia sempre uguale al valore esadecimale del tasto che è stato premuto dalla tastiera.*

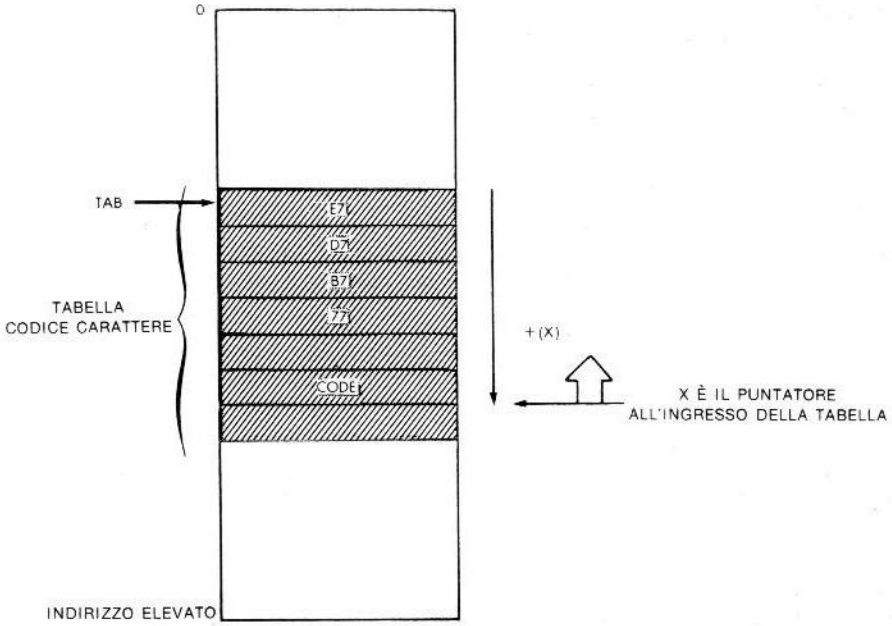


Figura 6-8: Indirizzamento Indicizzato per l'Accesso alla Tabella

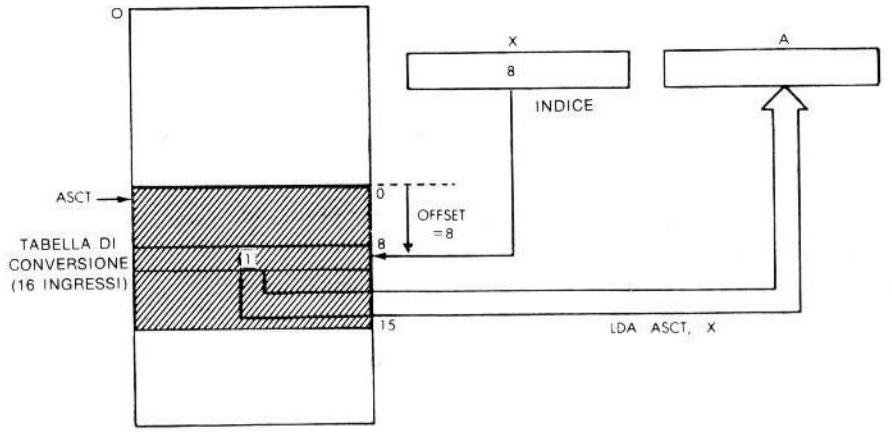


Figura 6-9: Conversione del Carattere ID# al valore ASCII

ESERCIZIO 6-2: *Alternativamente al metodo precedente si ridefiniscano i tasti sulla tastiera, senza cambiare le tabelle TAB ed ASCT in modo che il valore del registro indice X corrisponda al tasto che è stato premuto.*

Suggeriamo ora alcune variazioni possibili per mostrare all'esterno, in modo alternativo, il digit che è stato rivelato:

ESERCIZIO 6-3: *Si azioni una volta l'altoparlante se è stato premuto il carattere "1", due volte se è stato premuto il carattere "2" e così via.*

ESERCIZIO 6-4: *Impiegando il programma Morse sviluppato al capitolo 6 (Vedere programma 4-3) si modifichi il programma precedente in modo che esso suoni il codice Morse corrispondente ad ogni tasto premuto.*

ESERCIZIO 6-5: *Si modifichi il programma precedente in modo che esso suoni una nota per ogni tasto premuto. Occorre inoltre riservare un tasto per la pausa. Si può utilizzare un altro insieme di due tasti per determinare la durata della nota (durate 1, 2 e 4).*

ESERCIZIO 6-6: *Si scriva un programma di musica memorizzata. Inizialmente si suona un accordo premendo i tasti della tastiera nella sequenza desiderata. Le prime 50 note (od un numero qualsiasi) dell'accordo devono essere memorizzate nella memoria del sistema. Quindi, premendo un tasto speciale, il programma deve suonare l'accordo memorizzato.*

LETTORE DEL NASTRO DI CARTA O TASTIERA ASCII

La connessione di una tastiera decodificata (ASCII) o di un lettore di nastro di carta coinvolge una tecnica pressoché identica. L'interfaccia hardware comprende 8 bit dati (i 7 bit del codice ASCII più il bit di parità) ed un ulteriore bit di stato indicante che il carattere è disponibile. In questa sede verrà presentata una semplice interfaccia per un lettore di nastro di carta semplificato. Il programma per una tastiera decodificata è pressoché identico.

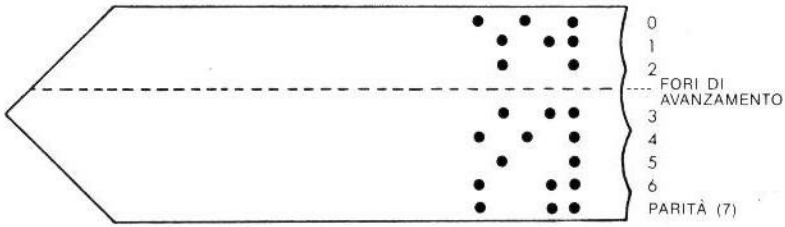
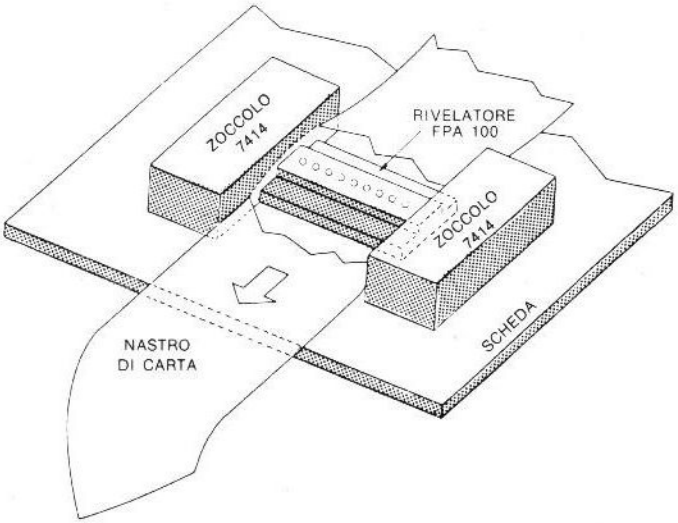
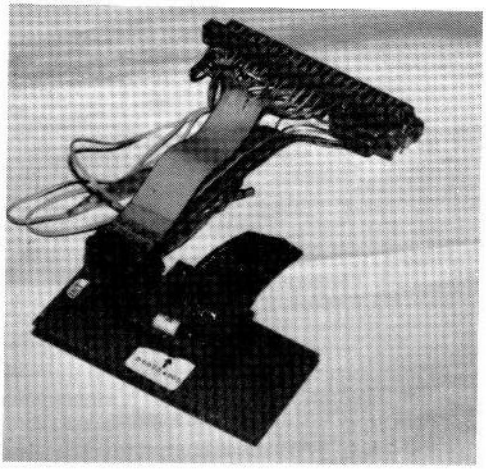


Figura 6-10: Nastro di Carta Perforato ad Otto Livelli

Il nastro di carta è stato tradizionalmente utilizzato per memorizzare programmi in forma affidabile ed economica. Ciascun carattere è rappresentato sul nastro di carta da una fila di fori (Vedere Figura 6-10). Un foro, più piccolo degli altri, viene impiegato per l'avanzamento ed il posizionamento del nastro di carta. Gli altri 8 fori (altri tipi di codice impiegano meno fori) vengono impiegati per la codifica del carattere in formato ASCII. Il nastro di carta viene mosso di una posizione alla volta in modo che il lettore legga il codice in corrispondenza dei fori. In questo caso si utilizzerà una coppia di foto emettitori e rivelatori FPA100.



Nota: L'emitter (non indicato) viene posizionato sopra il rivelatore.



L'emitter FPA 100 viene posizionato alla sommità della piccola scheda. Il PTR è connesso alla scheda del 6502 con un nastro piatto attraverso il connettore A (in alto).

Figura 6-11: Hardware del Lettore del Nastro di Carta.

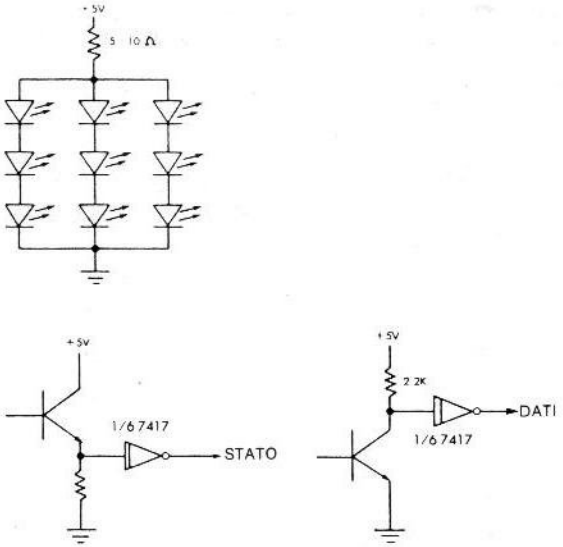


Figura 6-12: Dettagli della Connessione del PTR (Paper Tape Reader: Lettore del nastro di carta)

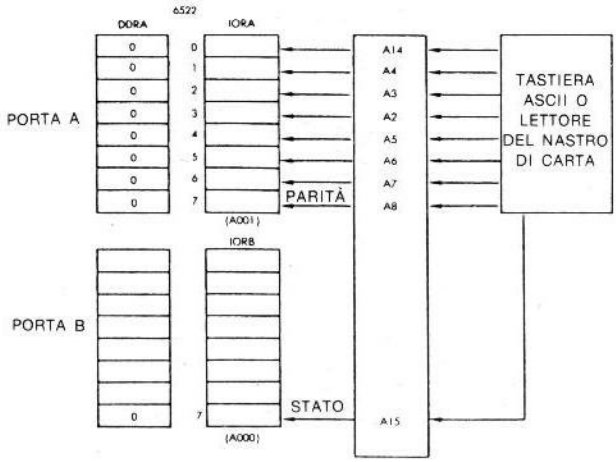


Figura 6-13: Interfaccia del Lettore del Nastro di Carta

I LED emettono luce con continuità: quando un foro viene a trovarsi di fronte al LED si otterrà una trasmissione di luce al fotorivelatore posizionato dall'altra parte del nastro. Questo sarà un'"1". Quando non viene trasmessa nessuna luce si rivelerà uno "0". Si osserva che occorre regolare attentamente l'intensità del LED in modo che non passi luce attraverso il nastro in assenza di fori (in seguito verranno forniti dei consigli pratici). Questo semplice lettore di na-

stro a basso costo può funzionare a mano facendo scorrere il nastro tra i due rivelatori. Il programma sarà auto-sincronizzante. La Figura 6-11 riporta lo schema hardware, mentre la Figura 6-12 riporta i dettagli delle connessioni dei LED e dei rivelatori. La Figura 6-13 rappresenta l'interfaccia del microcomputer. L'IORA del 6522 #1 viene impiegato come ingresso di questi bit dati. L'IORB della Porta B dello stesso 6522 viene impiegato per la lettura del bit di stato nella sua posizione 7.

I segnali sono condizionati mediante Trigger di Schmitt (7414). I due zoccoli del 7414 sono utilizzati come guida del nastro di carta stesso. Il segnale corrispondente alla rivelazione di un *foro di avanzamento* è "0". Il segnale corrispondente ad un *foro dati* è "1".

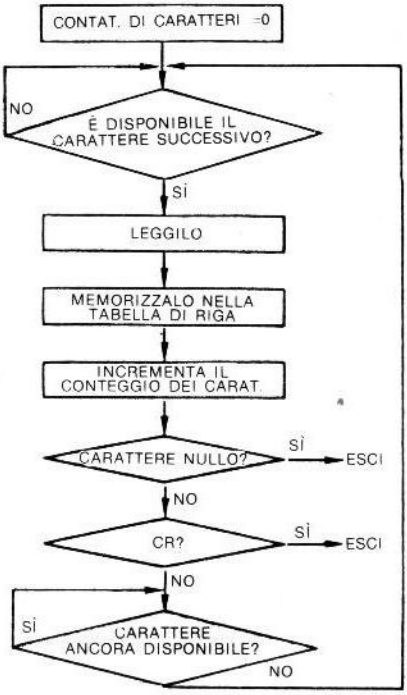


Figura 6-14: Diagramma di flusso del Lettore del Nastro di Carta

Si noti che, in questa semplice interfaccia, viene impiegato un solo resistore per pilotare tutti i LED. In pratica si potrebbero utilizzare resistori singoli per ogni LED. Il valore del resistore deve essere regolato attentamente in modo che il LED fornisca una luce sufficiente per la rivelazione. In caso contrario si rivelerebbero sempre *tutti uni* ("11111111"). Per facilitare la scelta di questo resistore si può considerare inizialmente un nastro di carta *nero*, o almeno molto opaco, in modo da eliminare il problema precedente.

La Figura 6-14 riporta il flow-chart del programma. Per il conteggio dei caratteri entranti si utilizzerà un contatore di caratteri. Il programma rimane in un ciclo di attesa finché non è disponibile il carattere successivo. Questo sarà rivelato dalla presenza di un foro di avanzamento sul rivelatore corrispondente. Una volta che il segnale di stato indica la disponibilità del carattere, occorre procedere velocemente alla sua lettura. Esso viene letto e memorizzato in una tabella in memoria. Successivamente si incrementa il contatore di caratteri.

Per convenzione si assume che l'operazione di lettura termini con un carattere "NULL" (nessun carattere perforato sul nastro), oppure mediante un carattere esplicito di "ritorno carrello" (CR). Quindi il programma cerca il carattere NULL oppure CR e, se lo trova, esce. Se

non lo trova ritorna all'inizio del ciclo. Comunque, prima di ritornare all'inizio del ciclo il programma attende che sia stata ripristinata l'informazione di stato. Una volta scomparso il segnale di "carattere disponibile" si ritorna all'inizio del ciclo e si attende la disponibilità del carattere successivo.

La Figura 6-15 riporta la mappa di memoria corrispondente al programma, mentre la Figura 6-16 riporta il programma.

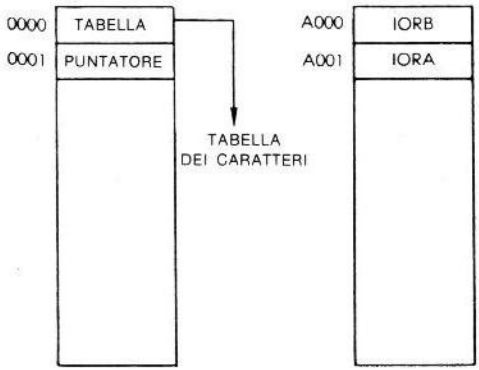


Figura 6-15: Mappa di Memoria per il PTR

```
0002  A0  00          KBPT  LDY  #0
   4  2C  00   A0     TS    BIT  IORB    IORB è PB
   7  30  FB                 BMI  TS
   9  AD  01   A0           LDA  IORA    IORA è PA
   C  91  00                 STA  ($00), Y
   E  C8                     INY
   F  C9  00                 CMP  #0
0011  F0  0B                 BEQ  RET
   3  C9  8D                 CMP  #$8D
   5  FO  07                 BEQ  RET
   7  2C  00   A0     TE    BIT  IORB    IORB è PB
   A  10  FB                 BPL  TE
   C  30  E6                 BMI  TS
   E  60           RET       RTS
```

Figura 6-16: Programma PTR/Tastiera (Programma 6-2)

Il programma presuppone che DDRA e DDRB siano stati inizializzati con i valori corretti. In caso contrario occorre aggiungere altre righe di inizializzazione all'inizio di questo programma. Il registro Y viene impiegato come contatore dei caratteri e viene inizializzato al valore "0":

```
KBPT    LDY    #0
```

Successivamente occorre controllare la riga di stato, per determinare se è disponibile un carattere. Essa è connessa al bit7 di IORB per facilitare la sua rivelazione:

```
TS      BIT    IORB
        BMI    TS
```

Il bit 7 è la posizione ideale per collegare un segnale di stato poiché è una posizione di bit che può essere controllata con una sola istruzione: il bit 7 è quello del "segno". Esso agisce direttamente sul flag "N" del registro di stato, il quale può essere controllato direttamente per "positivo" o "negativo" ("0" oppure "1"). In questo caso esso viene controllato dall'istruzione BMI (salta se meno). Finché questo segnale è "1", nessun carattere è disponibile. Quando esso diventa "0" significa che è disponibile un carattere. L'accumulatore può essere quindi caricato con i dati presenti sulle linee dati:

```
LDA        IORA        LETTURA DATI 1
```

Il carattere di 8 bit ottenuto dal lettore del nastro di carta deve essere quindi memorizzato in una opportuna locazione di memoria. Si assume che l'indirizzo di partenza del buffer di linea sia stato depositato nella locazione di memoria "00, 01". Per accedere al primo elemento della tabella si utilizzerà una tecnica di *indirizzamento indiretto*. Inoltre il modo di indirizzamento sarà *indicizzato* dal valore di Y, per accedere successivamente a tutti gli elementi della tabella. L'istruzione corrispondente è:

```
STA        ($00),Y
```

Esaminiamo questa istruzione ad indice indiretto. L'*indirezione* specifica "vai all'indirizzo di memoria "00" ed utilizza i suoi contenuti come indirizzo" (Passo 1 della Figura 6-17).

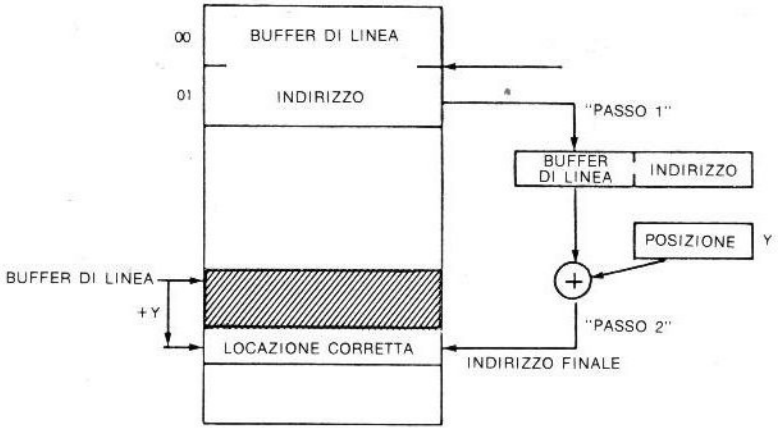


Figura 6-17: Accesso Indiretto Indicizzato: STA ($00),Y

Quindi il registro Y viene impiegato come indice: i suoi contenuti sono sommati all'indirizzo della base per fornire l'indirizzo finale (Passo 2 della Figura 6-17). I contenuti di Y costituiscono lo spostamento all'interno della tabella del buffer di linea, cioè il puntatore all'ingresso corrente.

Il contatore di caratteri viene quindi incrementato per puntare alla successiva locazione disponibile nel buffer di linea, anticipando il carattere successivo:

```
INY
```

Si deve ora controllare il carattere contenuto nell'accumulatore se è un "NULL" oppure un "ri-

torno carrello" per verificare se si è raggiunta la fine di una linea. Questo viene eseguito dalle quattro istruzioni successive:

```
        CMP     #0      NULL?
        BEQ     RET     SE SÌ, ESCI
        CMP     #$8D    CR?
        BEQ     RET     SE SÌ, ESCI
```

Infine (con riferimento al diagramma di flusso di Figura 6-14) dobbiamo attendere che il segnale di carattere pronto scompaia per evitare di leggere due volte lo stesso carattere. Questo viene eseguito dalle tre istruzioni successive:

```
TE      BIT     IORB    CONTROLLO DEL SEGNALE PRONTO
        BPL     TE
        BMI     TS
```

Infine la subroutine termina con la consueta istruzione di ritorno:

```
RET     RTS
```

ESERCIZIO 6-7: *Oltre a memorizzare il carattere in una tabella si generi, attraverso l'altoparlante, il codice Morse corrispondete al carattere letto. Si faccia attenzione a generare il codice Morse in modo sufficientemente veloce da non perdere i caratteri in ingresso. Alternativamente si può decidere di trascinare il nastro molto lentamente in modo da avere il tempo sufficiente per generare l'uscita Morse tra due caratteri successivi. Un'altra soluzione possibile può essere quella di decidere di generare il codice Morse solo alla fine della linea, quando tutti i caratteri sono stati letti. Questa è la soluzione più sicura ma non consente di verificare che ogni carattere sia stato letto correttamente!*

ESERCIZIO 6-8: *Si colleghino otto LED sulla scheda PTR e si accendano con il 6502, per ogni carattere riconosciuto.*

ESERCIZIO 6-9: *Si faccia suonare un allarme se il bit di parità non è corretto. (Il bit di parità assicura che il numero totale di bit per un dato carattere è pari o dispari, in dipendenza della convenzione assunta. Si verifichi questo.)*

MICROSTAMPANTE

Molte piccole microstampanti impiegano una carta elettrosensibile e stampano una linea di 20 caratteri, utilizzando una matrice di punti per formare i caratteri. Gli esempi più comuni sono le Olivetti (diversi modelli) o Matsuhita. Gli elementi stampanti richiedono una piccola interfaccia che invii i segnali corretti alla testina, muova la carta e controlli le parti meccaniche della stampante. Una volta dotata di una tale interfaccia di base, la *microstampante può essere connessa a qualsiasi microprocessore dotato di un PIO* (una porta d'ingresso/uscita programmabile). Di seguito si collegherà tale stampante al sistema 6502 attraverso un 6522 ed una porta 6532. Si possono riscontrare delle differenze qualora si utilizzi una stampante con un'interfaccia diversa. Comunque la logica del programma rimane essenzialmente la stessa.

Il programma stamperà una fila di 20 caratteri alla volta. Esso sarà avviato dal segnale di inizio stampa ed invierà i 20 caratteri in sequenza. Prima di inviare un carattere il programma attende di ricevere dall'interfaccia della stampante un segnale di richiesta di caratteri. La risposta a questo segnale il programma deve fornire i caratteri, altrimenti il carattere precedente, immagazzinato nel buffer dell'interfaccia, verrà stampato per errore. I caratteri saranno forniti sulle 6 linee dati. Si impiega una rappresentazione dei caratteri a 6 bit (si veda Figura 6-18).

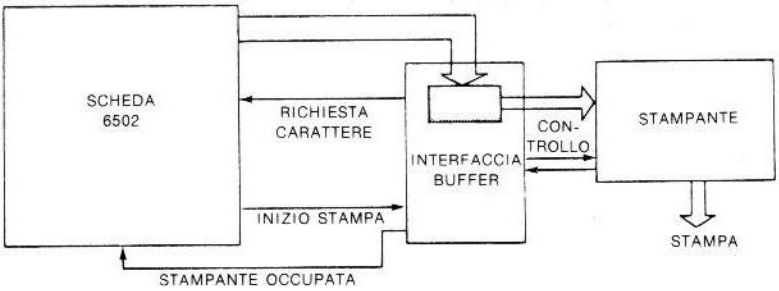


Figura 6-18: Interfaccia di Base della Stampante

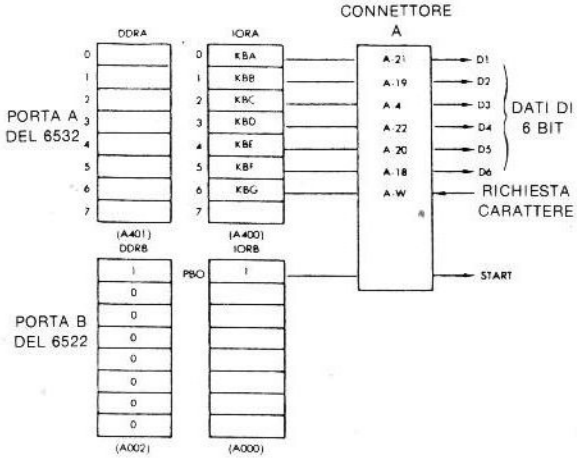


Figura 6-19: Connessione della Stampante

La Figura 6-19 riporta la connessione hardware della stampante. Si utilizzano la Porta A del 6532 ed il bit 0 della Porta B del 6522. L'IORA del 6532 fornisce le 6 linee dati e riceve sul bit 6 la richiesta di carattere, come indicato in figura. Il bit 0 di IORB del 6522 viene utilizzato per generare il segnale di start. Inoltre, normalmente, l'interfaccia della stampante fornisce un segnale di stampante occupata. In questo esempio esso non verrà considerato e si sostituirà con una routine di ritardo software di 30 millisecondi. La Figura 6-20 rappresenta un diagramma di flusso del programma.

I registri di direzione dati dei due PIO vengono inizializzati, viene generato un impulso di start per avviare la stampante. Successivamente il programma controlla la linea di richiesta carattere. Poi il programma attende fino al consenso di richiesta carattere. Esso accetta il carattere successivo dalla locazione di memoria dove è memorizzata la linea di 20 caratteri (Vedere Figura 6-21). Il carattere viene quindi inviato alla stampante. il programma attende che scompaia il segnale di richiesta carattere. Esso incrementa il contatore di caratteri e si verifica se si è raggiunto il valore "20". Se non è stato raggiunto il valore "20" occorre inviare un altro

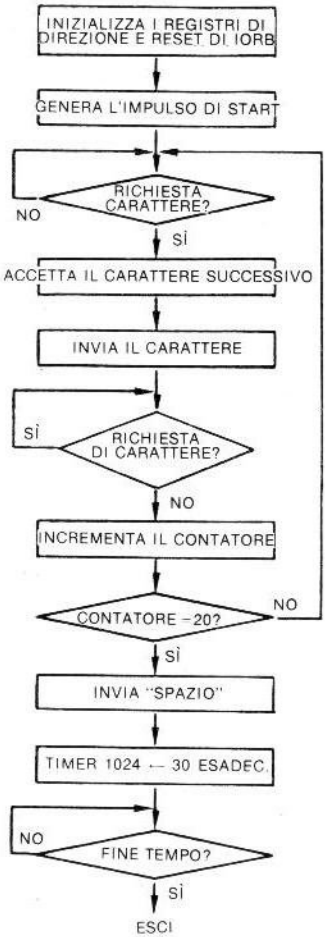


Figura 6-20: Diagramma di flusso del Programma della Stampante

carattere alla stampante e ripercorrere il ciclo. Una volta inviati 20 caratteri alla stampante, si invia un codice di spazio per terminare la linea, originando un avanzamento di una riga ed un ritorno carrello. (Con una diversa interfaccia si può utilizzare una diversa convenzione.) Occorre quindi fornire un ritardo di 48 millisecondi per consentire agli elementi meccanici della stampante di posizionarsi per la riga successiva. Per questo scopo si impiega il timer interno del 6532 ed in questo caso viene utilizzata la parola del timer corrispondente al fattore di tempo 1024. Il fattore 1024 corrisponde ad un ritardo di 1024 microsecondi, ovvero circa 1 millisecondo per l'unità di ritardo di questa parola del timer. Questa parola viene caricata con "30" esadecimale = "48" decimale. Una volta trascorso tale tempo si esce dal programma.

La Figura 6-22 mostra il programma, mentre la Figura 6-21 mostra la mappa di memoria del programma di stampa. Le due locazioni di memoria "00" e "01" contengono il puntatore alla locazione del primo carattere nella memoria. Per impiegare questo programma l'utente dovrebbe caricare il valore "01" alla locazione di memoria "A002" (DDRB) e "00" alla locazione

di memoria "A000" (IORB) prima di azionare la stampa. Le locazioni di memoria utilizzate dai dispositivi d'ingresso/uscita sono riportate nella parte destra della Figura 6-19. Consideriamo il programma.

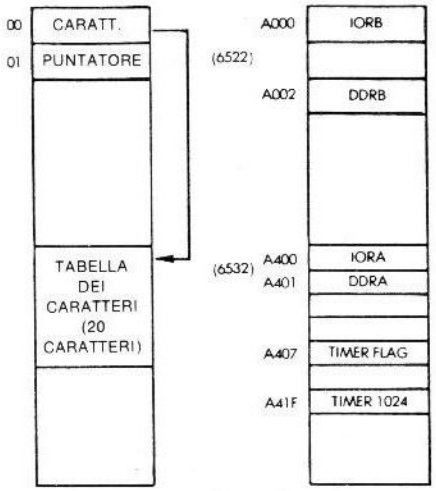


Figura 6-21: Mappa di Memoria per la Stampante

```
0200  A9   3F                 LINE   LDA   #$3F      Configura la Porta A
   2  8D   01    A4                   STA   IORA
   5  A0   01                         LDY   #1       Invia il segnale
                                                     di start
   7  8C   00    A0                   STY   IORB
   A  88                               DEY
   B  8C   00    A0                   STY   IORB     Uscita "0"
   E  2C   00    A4           TST1    BIT   IORA     Leggi lo stato
0211  70   FB                         BVS   TST1     Richiesta carattere?
   3  B1   00                         LDA   ($00),Y  Carica carattere
   5  8D   00    A4                   STA   IORA     Stampalo
   8  2C   00    A4           TST2    BIT   IORA     Controlla lo stato
   B  50   FB                         BVC   TST2
   D  C8                               INY           Il carattere successivo
   E  C0   14                         CPY   #$14     è il 20-esimo?
0220  D0   EC                         BNE   TST1
   2  A9   20                         LDA   #$20     Spazio carattere
   4  8D   00    A4                   STA   IORA
   7  A9   30                         LDA   #$30     Costante di ritardo
   9  8D   1F    A4                   STA   T1024    Timer X1024
   C  2C   07    A4           TTIM    BIT   TIMFLG   Stato del timer?
   F  10   FB                         BPL   TTIM
0231  60                              RTS
0000  50   00                         WORD  BUFFER
0050  30   31,32  33,34        BUFFER BYTE  '0','1','2','3','4','5','6','7
      35,36  37,38  39,40                   '8','9','W','A','B','C','D',
      41,42  43,44  45,46                   'E','F','G','H','I'
      47,48  49

      IORA è PA
      IORB è PB
```

Figura 6-22: Programma per la Stampante (Programma 6-3)

Il registro di direzione dati A viene prima inizializzato:

```
LINE    LDA     #$3F
        STA     IORA
```

Depositando il valore "00000001" in IORB viene generato un impulso di start:

```
        LDY     #1          "00000001"
        STY     IORB
```

IORB viene quindi posto a tutte uscite 0:

```
        DEY             Y = "00000000"
        STY     IORB
```

Occorre quindi controllare la linea di richiesta carattere. Se questa linea è ad "1" si continua l'osservazione. Quando essa diventa "0" si accetta il carattere successivo:

```
TST1    BIT     IORA        LEGGI LO STATO
        BVS     TST1
```

Come ricorderà l'istruzione BIT controllerà una certa locazione di memoria senza alterarne i contenuti. Essa copierà rispettivamente il bit 6 e 7 nei flag "V" ed "N". In questo caso si è interessati al valore del bit 6 (con riferimento alla connessione della stampante della Figura 6-19). L'istruzione BVS controllerà il valore del flag di overflow "V", che è stato imposto identico al valore del bit 6 di IORB. Tale valore corrisponde quindi alla linea di richiesta carattere. Il carattere successivo viene ottenuto dalla tabella di 20 caratteri memorizzati negli indirizzi di memoria contenuti nelle locazioni "00" e "01". Un'istruzione di accesso indiretto originerà l'accesso del primo ingresso nella tabella. Per generalità si richiede che questo segmento del programma sia in grado di ricercare un ingresso qualsiasi a questa tabella. Quindi verrà utilizzato, come in qualsiasi organizzazione di tabella, un *indirizzamento indicizzato*. In questo caso, come registro indice, si utilizza il registro Y. Esso contiene inizialmente il valore "00" che verrà incrementato fino al valore 19 prima di uscire dal ciclo. Si utilizza quindi una tecnica di indirizzamento indicizzato:

```
        LDA     ($00),Y
```

La Figura 6-23 illustra l'accesso indiretto indicizzato. Inizialmente si accede ai contenuti della locazione di memoria "0001": essi vengono utilizzati come indirizzo della base della tabella. I contenuti del registro Y vengono prima sommati ai contenuti della locazione di memoria 0001 e l'indirizzo finale sarà utilizzato come indirizzo dei dati da prelevare. (Vedere Figura 6-21). Questi dati sono il codice ASCII del carattere da stampare. Esso viene inviato ad IORA:

```
        STA     IORA
```

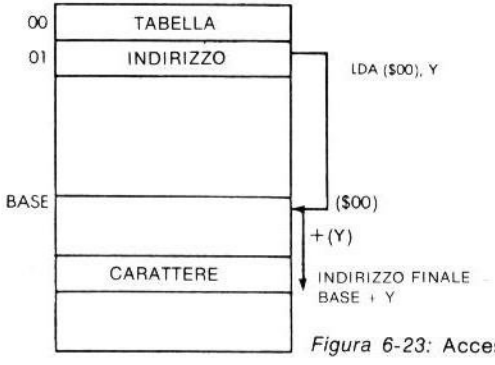


Figura 6-23: Accesso Indiretto Indicizzato

Una volta che il carattere è stato inviato si deve attendere che la linea di richiesta carattere ritorni ancora ad "1". Anche qui si utilizza un ciclo di due istruzioni:

```
TST2    BIT     IORA
        BVC     TST2
```

Viene quindi incrementato il contatore di caratteri (il registro Y):

```
        INY
```

e controllato ancora il valore limite "20" decimale = "14" esadecimale. Finché non si è raggiunto il valore limite si ripercorre il ciclo:

```
        CPY     #$14
        BNE     TST1
```

Su IORA viene quindi fatto uscire il codice richiesto per il carattere "spazio":

```
        LDA     #$20
        STA     IORA
```

Infine si deve garantire il ritardo minimo tra due linee di stampa successive. Per il timer si utilizza il fattore 1024. Il ritardo finale di 48 ms viene ottenuto semplicemente caricando la locazione di memoria opportuna con la costante che specifica il numero di millisecondi (si faccia riferimento alla Figura 6-19 per la mappa di memoria della stampante):

```
        LDA     #$30        DECIMALE = 48.
        STA     T1024
```

Quindi viene controllato continuamente il flag del timer finché esso diventa "1", indicando lo scadere del tempo:

```
TTIM    BIT     T1MFLG
        BPL     TTIM
```

La Figura 6-24 riporta la stampa effettiva di una linea di 20 caratteri campione indicata nel programma:

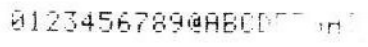


Figura 6-24: Stampa Effettiva di 20 caratteri

ESERCIZIO 6-10: *Si con[illegible] la stampante ed il lettore di nastro di carta. La stampante dovrebbe stampare i conte[illegible] nastro alla fine di ogni linea.*

SOMMARIO

In questo capitolo sono state interfacciate periferiche reali, da un punto di vista hardware e software, alla scheda del microprocessore. È stato fatto un impiego estensivo delle capacità specifiche dei registri del PIO e delle tecniche di indirizzamento consentite dal 6502, in modo da ottimizzare i programmi. Il lettore dovrebbe ora avere appreso tutti gli artifici richiesti per la realizzazione dei propri programmi di applicazione, nei casi più comuni.

CAPITOLO 7

CONCLUSIONI

Questo libro ha introdotto sistematicamente le tecniche hardware e software richieste per connettere una scheda reale del 6502 al mondo esterno. Sono stati inizialmente descritti i chip d'ingresso-uscita, assieme alle comuni schede del 6502. Nei capitoli 4, 5 e 6 sono stati successivamente presentati programmi di complessità crescente. A questo punto il lettore dovrebbe avere acquisito confidenza coi dispositivi d'ingresso-uscita che si possono connettere alla scheda del 6502, ed essere in grado di risolvere i problemi di interfacciamento hardware e software. Gli autori ritengono che, sulla base di tutto questo, il lettore dovrebbe essere in grado di risolvere qualsiasi problema applicativo di comune complessità. Ci sono naturalmente dei casi in cui permangono problemi di interfacciamento e si incoraggia il lettore a consultare "Tecniche di Interfacciamento di Microprocessori", per tali problemi. A questo punto, se fossero stati saltati degli esercizi si raccomanda vivamente di ritornare ai capitoli 4, 5 e 6 e di risolvere gli esercizi proposti, prima su carta e poi su una scheda microcomputer reale.

Il Passo Successivo

Se non si è ancora realizzata nessuna scheda di applicazioni, il passo successivo più logico dovrebbe essere quello di acquistare i pochi componenti a basso costo richiesti per le applicazioni proposte. Si può quindi provare a scrivere da soli i programmi, senza consultare il libro ed assicurarsi di avere acquisito tutto quanto richiesto per risolvere questi problemi. Con un po' di fantasia si possono inventare molte altre applicazioni, impiegando lo stesso hardware limitato oppure qualche altro semplice dispositivo d'ingresso - uscita.

Il lettore interessato a tecniche di programmazione più complesse, richieste per realizzare algoritmi più complessi, viene indirizzato ad un terzo volume della serie, in corso di pubblicazione, "Giochi con il 6502". In questo volume vengono introdotti e descritti degli algoritmi molto più complessi per consentire al lettore di eseguire una grande quantità di giochi che vanno da quelli di abilità ai quadrati magici. L'hardware richiesto per questi giochi è minimo (una tastiera a 16 tasti, 15 LED ed un altoparlante).

È stato constatato che il tempo richiesto per l'apprendimento della programmazione varia notevolmente da una persona ad un'altra. Comunque il passo logico successivo alla lettura di un qualsiasi libro di programmazione dovrebbe essere sempre lo stesso: la pratica. Si spera che i contenuti di questo libro forniscano le basi per la pratica successiva.

APPENDICE A

UN ASSEMBLER IN BASIC DEL 6502

INTRODUZIONE

Lo sviluppo di un breve programma per il 6502 può essere eseguito su carta ed il programma può essere caricato sulla scheda del 6502. Invece se si devono sviluppare dei programmi lunghi (oltre a qualche dozzina di istruzioni), oppure se si deve sviluppare un grande numero di piccoli programmi, diviene conveniente un assembler. Poiché si assume che la maggior parte dei lettori siano vivamente interessati ad applicazioni reali del 6502 comincerà a sviluppare tali programmi, si riporta un listing completo di un assembler del 6502 scritto in BASIC per coloro che non dispongono di un assembler del 6502.

Il vantaggio di un assembler del 6502 consiste nel fatto che si può eseguire su qualsiasi computer, dotato di BASIC accessibile dall'utente. La versione di BASIC di questo programma è quello disponibile sui computer Hewlett-Packard. Esso è caratterizzato da un sottoinsieme di BASIC della maggior parte di microcomputer. L'impiego di questo assembler su un computer avente un BASIC diverso coinvolge un processo di traduzione. Comunque lo sforzo di traduzione dovrebbe essere moderato dal fatto che la maggior parte dei BASIC disponibili sui microcomputer comprendono numerose caratteristiche aggiuntive rispetto a quelle impiegate in questo assembler. Per questa ragione questo assembler è praticamente compatibile. Infatti un utente con buona capacità di programmare nel suo BASIC probabilmente sarà in grado di effettuare una riduzione significativa del numero di istruzioni impiegate per questo assembler.

Questo assembler è stato utilizzato per assemblare una grande quantità di programmi per il 6502 e quindi è un prodotto affidabile. Comunque esso viene inserito per soli scopi didattici e non si assumono responsabilità. In un prossimo futuro verrà pubblicata una versione Microsoft BASIC per i lettori interessati a questa particolare versione.

Si riporta un listing completo dell'assembler ed un esempio di funzionamento.

Tutti i programmi riportati alla fine del Capitolo 4 sono stati assembleati con questo assembler.

DESCRIZIONE GENERALE

L'ASM 65 è un assembler mnemonico completo del 6502. Esso riconosce tutti i mnemonici standard dell'industria, producendo dei listing esadecimali standard, come mostrato nell'esempio di Figura A-1.

Inoltre questo assembler fornisce direttive industriali standard con la sola eccezione dell'impiego del "." per indicare gli assegnamenti e le reference alla locazione corrente. Le direttive disponibili sono: .BYT, .WORD, .DBYT, .TEXT. Per i dettagli di queste direttive si rimanda il lettore alla descrizione dell'assembler di un qualsiasi produttore.

IMPIEGO DELL'ASSEMBLER

L'ASM 65 è scritto in BASIC Hewlett-Packard 2000 serie F. Di seguito viene riportata una descrizione delle caratteristiche di questa particolare realizzazione BASIC. Per adattare questo interpreter ad altre versioni del BASIC sono necessarie poche variazioni.

L'ASM 65 opera su file seriali. Normalmente sono disponibili almeno tre file e quattro vengono utilizzati. Essi sono: il file sorgente, il file della tabella dei simboli, un file temporaneo ed, opzionalmente, un file di destinazione distinto dal file sorgente.

Il file d'ingresso contiene le istruzioni in linguaggio assembly. Esso deve perciò contenere il testo ASCII e deve essere strutturato in accordo con le regole di sintassi dell'assembler (descritta al paragrafo successivo). In generale le linee d'ingresso possono essere scritte in formato libero, con i campi separati da uno o più spazi. Comunque qualsiasi label deve iniziare in colonna uno. Qualsiasi linea senza label può non iniziare in colonna uno.

```
% CAT SRC
;PROGRAMMA PER IL TRASFERIMENTO DI UN BLOCCO DI MEMORIA
;TRASFERISCE FINO A 255 BYTE DA UNA TABELLA INIZIANTE
;ALLA LOC1 AD UNA TABELLA INIZIANTE A LOC2. LA LUNGHEZZA DELLA
;PARTE TRASFERITA È IN MOVLEN.
MOVLEN   =$00
LOC1     =$200
LOC2     =$300
;
         LDX MOVLEN  ;CARICA NELL'INDICE LA LUNGHEZZA DA TRASFERIRE
LOOP     LDA LOC1,X  ;CARICA IL BYTE DA TRASFERIRE
         STA LOC2,X  ;MEMORIZZA IL BYTE DA TRASFERIRE
         DEX  ;CONTO ALLA ROVESCIA
         BPL LOOP  ;SE NON TERMINATO. TRASFERISCI IL BYTE SUCCESS.
         RTS  ;DONE
% RUN ASM65
SOURCE FILE ?SRC
OBJECT FILE ?DEST
PRINTOUT ?YES
ASSEMBLY BEGINS...
                  ;PROGRAMMA PER IL TRASFERIMENTO DI UN BLOCCO DI MEMORIA
                  ;TRASFERISCE FINO A 255 BYTE DA UNA TABELLA INIZIANTE A
                  ;LOC1 AD UNA INIZIANTE A LOC2. LA LUNGHEZZA DELLA
                  ;PARTE TRASFERITA È IN MOVLEN.
                  MOVLEN   =$00
                  LOC1     =$200
                  LOC2     =$300
                  ;
0000: A6 00                LDX MOVLEN  ;CARICA NELL'INDICE LA LUNGHEZZA DA TRASFERIRE
0002: BD 00 02     LOOP    LDA LOC1,X  ;CARICA IL BYTE DA TRASFERIRE
0005: 9D 00 03             STA LOC2,X  ;MEMORIZZA IL BYTE DA TRASFERIRE
0008: CA                   DEX         ;CONTO ALLA ROVESCIA
0009: 10 F7                BPL LOOP    ;SE NON TERMINATO. TRASFERISCI IL BYTE SUCCESS.
000B: 60                   RTS         ;DONE

SYMBOL TABLE:
 MOVLEN      0000        LOC1        0200        LOC2        0300
 LOOP        0002
DONE
```

Figura A-1: Impiego dell'Assembler ASM 65

L'assembler predisporrà automaticamente il format del campo del commento sul file d'uscita. Comunque esso non predisporrà il format degli altri campi entro le istruzioni in modo che l'utente può tabulare i suoi statement d'ingresso nel modo più ragionevole per la massima chiarezza. Questa caratteristica serve a migliorare la leggibilità.

Il file d'uscita comprende il testo ASCII con la rappresentazione di tutti i numeri. Il file d'uscita può essere opzionalmente stampato dopo il secondo passo di esecuzione dell'assembler. Sul listing viene stampato un pronto, oppure sullo schermo appare "PRINTOUT?" e l'utente può specificare "si" oppure "no".

L'assembler consente diagnostici estensivi in modo da descrivere tutti gli errori identificati, elencandoli come uscita.

In questa realizzazione la stampa di un errore può contenere vari delimitatori di campi come i limitatori del campo dell'operatore ("!") ed il delimitatore di riferimento interno non definito ("**").

La tabella dei simboli fornisce il valore esadecimale di tutte le label simboliche impiegate dal programma. La Figura A-2 riporta un esempio.

```
SYMBOL TABLE:
 MOVLEN      0000        LOC1        0200        LOC2        0300
 LOOP        0002
DONE
```

Figura A-2: La Tabella dei Simboli

SINTASSI

Costanti

Le costanti possono essere rappresentate in una qualsiasi delle quattro rappresentazioni dei numeri:

- Esadecimale: la costante deve essere preceduta da un "$". Per esempio: "LDA $20" caricherà l'accumulatore dall'indirizzo di memoria "20" esadecimale.
- Binario: Essa deve essere preceduta da un "%". Esempio: "LDA % 11111111" caricherà l'accumulatore con tutti uni.
- Decimale: rappresentazione normale. Esempio "LDA #0" caricherà l'accumulatore con il valore decimale zero.
- ASCII: deve essere preceduto da un "'". Esempio: "LDA ' A" caricherà il codice ASCII di A nell'accumulatore.

Espressioni Aritmetiche

Le espressioni aritmetiche possono essere utilizzate nel campo dell'operatore, per l'assegnazione di una label oppure in un'istruzione di allocazione di memoria.

L'operando di un'espressione aritmetica può essere un numero espresso in una rappresentazione qualunque, una label oppure un "." (il simbolo della locazione corrente) oppure una combinazione di questi. Gli operatori consentiti sono "+" e "—". Nel caso in cui si utilizza più di un operatore, l'espressione aritmetica sarà valutata da sinistra a destra.

Commenti

I commenti devono essere preceduti da ";". Essi possono iniziare in una colonna qualsiasi, compresa la colonna uno.

Assegnazioni di Memoria

Le assegnazioni di memoria sono eseguite da una o più delle quattro direttive:

.BYT – Assegna un byte di dati ad una locazione di memoria.
.WORD – Assegna due byte di dati a due locazioni di memoria consecutive, basso ordine al primo byte.
.DBYT – Assegna due byte di dati a due locazioni di memoria consecutive, ordine elevato al primo byte.
.TEXT – Converte una stringa ASCII in dati esadecimali e li memorizza in locazioni di memoria consecutive. La stringa deve essere delimitata da due caratteri identici non bianchi.

Non esiste la direttiva di fine – al suo posto viene utilizzata quella di fine file.
Esempio di assegnazione di memoria:

```
.BYT      $2A, WORDCONST
.WORD     2,%10
```

HP 2000F BASIC

Il BASIC della Hewlett-Packard è diverso da molti BASIC di comuni mini e microcomputer, ma è facilmente adattabile. Di seguito viene riportata una lista di caratteristiche diverse dalla maggior parte dei BASIC o dallo standard di Dartmouth.

File

I file sono dichiarati in uno statement FILES all'inizio del programma e sono numerati nell'ordine in cui appaiono su di esso. Lo statement ASSIGN assegna un file specifico, mediante il suo primo argomento ad un numero di file specificato dal secondo argomento. Il terzo argomento è una variabile di schermo. Un asterisco che appare in uno statement FILES indica un file che sarà successivamente assegnato a quella posizione da uno statement ASSIGN. Lo statement READ legge il file. Il suo primo argomento, preceduto da un "#" è il numero del file da leggere. Se il numero di record è uno e non c'è punto e virgola lo statement serve per ripristinare il puntatore del file a 0, come in "READ #2,1". Qualsiasi argomento dopo punto e virgola sono le variabili da leggere.

Lo statement PRINT (stampa) è simile a quello di lettura. Esso ha anche una forma speciale, "PRINT #2,END", che contrassegna la fine del file.

Lo statement IF END #THEN opera in modo analogo all'interrupt vettorizzato. Quando si verifica la lettura di fine file l'esecuzione del programma continua al numero di linea indicato dopo THEN, invece di interrompere il programma. Questo si verificherà anche se il computer non sta correntemente eseguendo lo statement: cioé il vettore di fine file deve essere specificato solo una volta, se non deve essere cambiato.

Stringhe

Le stringhe sono unidimensionali e possono essere dimensionate soltanto come tali. Si utilizza uno statement del tipo "L$="" per assegnare lunghezza 0 (zero) ad una stringa, cioé per azzerarla. I caratteri di una stringa hanno i seguenti riferimenti: per far riferimento ad una sottostringa all'interno di una stringa più grande si utilizza la forma "T$(a,b)" dove a e b sono espressioni che indicano rispettivamente gli indirizzi del primo e dell'ultimo carattere nella stringa principale della sottostringa desiderata. I caratteri, all'interno di una stringa, sono indirizzati

da sinistra a destra, partendo da 1. Esempio: se A$ = "ABCDE" e viene eseguito lo statement "B$ = A$ (2,3)", allora B$ diventerà "BC".

La forma "T$ (a)" fa riferimento a tutti i caratteri di T$ a partire dal carattere #a fino alla fine di T$.
Esempio: se A$ = "12345", A$ (3) indica la sottostringa "345".

Non sono disponibili le funzioni di stringa CHR$ ed ASC$ che convertono rispettivamente un numero decimale ASCII in una stringa di un carattere ed una stringa di un carattere nel suo equivalente decimale ASCII, cosicché l'AMS 65 legge una stringa di caratteri ASCII ordinati da un file del sistema chiamato $ASCIIF, che viene quindi utilizzato per la conversione di numeri e stringhe.

MAX ricava il massimo di due valori.
Esempio: "B = 11 MAX 9" produrrà 11.
MIN ricava il minimo di due valori.
LIN se si trova in uno statement di stampa somma un numero di avanzamenti di riga pari al suo argomento.

Le definizioni precedenti servono solo come guida per la traduzione dell'ASM 65 in un'altra versione di BASIC.

Figura A-3: Listing dell'Assembler copyright © 1979, SYBEX Inc.

ASM65

```
10  REM : ********** ASSEMBLER MNEMONICO DEL 6502, VERSIONE 2.0 **********
20  REM
30  REM : SCRITTO IN HP2000F TSS BASIC.
40  REM : PUÒ ESSERE UTILIZZATO CON TUTTI I PROCESSORI 65XX PRODOTTI DALLA COMMODORE.
50  REM : SYNERTEK E ROCKWELL
60  REM : TUTTI I MNEMONICI E LE DIRETTIVE SONO STANDARD, CON
70  REM : L'ECCEZIONE DELL'IMPIEGO DI "." PER L'INDIRIZZO CORRENTE
80  R=10
90  T9=0
100  A=0
110  DIM L$[72],M$[72],O$[72],C$[72],Z$[72],P$[72],T$[72]
120  DIM A$[72],N$[72]
130  DIM I$[72]
140  L=0
150  FILES *,SYMTAB,TEMP,*,$ASCIIF
160  PRINT 'FILE SORGENTE'
170  INPUT T$
180  PRINT 'FILE OGGETTO'
190  INPUT O$
200  ASSIGN T$,1,Q8
210  ASSIGN O$,4,Q8
220  READ #1,1
230  PRINT #2,1
240  PRINT #3,1
250  R8=0
260  PRINT 'PRINTOUT ';
270  INPUT I$
280  IF I$ <> 'NO' THEN 300
290  R8=1
300  PRINT 'ASSEMBLY INIZIA...'
310  C=0
```

```
320  IF  END #1 THEN 2440
330  L$=''
340  I$=''
350  M$=''
360  O$=''
370  C$=''
380  Z$=''
390  L=L+1
400  ********** SIMBOLI SEPARATI. MEMORIZZA LE ASSEGNAZIONI DI LABEL **********
410  READ #1;I$
420  T5=C
430  IF I$='' THEN 830
440  P=1
450  P$=';'
460  GOSUB 3970
470  IF P1=0 THEN 510
480  IF P1=1 THEN 800
490  C$=I$[P1]
500  I$=I$[1,P1-1]
510  IF I$[1,1]=' ' THEN 590
520  GOSUB 3790
530  L$=P$
540  IF L$ <> '.' THEN 590
550  M$='.'
560  GOSUB 4940
570  L$=''
580  GOTO 860
590  GOSUB 3790
600  M$=P$
610  IF M$[1,3]='.WO' THEN 3110
620  IF M$[1,3]='.TE' THEN 3110
630  IF M$[1,3]='.BY' THEN 3110
640  IF M$[1,3]='.DB' THEN 3110
650  IF M$ <> '' THEN 850
660  C$=C$[1,34]
670  IF LEN(L$) <> 0 THEN 700
680  I$=I$[1,19]
690  GOTO 820
700  GOSUB 3790
710  N$=P$
720  IF LEN(N$) <> 0 THEN 750
730  T1=C
740  GOTO 780
750  GOSUB 4070
760  IF T4=2 THEN 830
770  T1=F1
780  PRINT #2;L$,T1
790  PRINT #2; END
800  I$=I$[1,LEN(I$) MIN 55]
810  Z$[17,17+LEN(I$)]=I$
820  Z$[(LEN(I$)+19 MAX 38) MIN 72]=C$
830  PRINT #3;Z$,T5
840  GOTO 320
850  IF M$[1,1] <> '.' THEN 1050
860  P$='='
870  GOSUB 3970
880  IF P1>0 THEN 910
890  'OMESSO '=' NELLA LINEA' ;L
900  GOTO 3090
910  P=P1+1
920  GOSUB 3790
930  IF P$[1,1] <> '' THEN 960
940  'OMESSO ARGOMENTO NELLA LINEA' ;L
950  GOTO 3090
960  N$=P$
970  GOSUB 4070
980  IF T4 <> 2 THEN 1010
990  'REFERENCE DIRETTA NON CONSENTITA NELLA LINEA' ';L
```

```
1000  GOTO 3090
1010  T1=C
1020  C=F1
1030  IF L$ <> "" THEN 780
1040  GOTO 800
1050  RESTORE 5710
1060  IF M$="" THEN 1140
1070  FOR I=1 TO 56
1080  READ T$
1090  IF T$=M$ THEN 1130
1100  NEXT I
1110  'CODICE OPERATIVO NON NOTO NELLA LINEA';L
1120  GOTO 3090
1130  O=I
1140  IF L$="" THEN 1170
1150  PRINT #2;L$,C
1160  PRINT #2; END
1170  GOSUB 3750
1180  O$=P$
1190  I$[P-LEN(O$)-1,P-LEN(O$)-1]="!"
1200  ********** TROVA I MODI DI INDIRIZZAMENTO. CARICA L'INDIRIZZO EFFETTIVO **********
1210  IF O$ <> "" THEN 1240
1220  M=1
1230  GOTO 2200
1240  IF O$ <> "A" THEN 1270
1250  M=2
1260  GOTO 2200
1270  IF O$[1,1] <> "#" THEN 1320
1280  M=3
1290  P=P+1
1300  N$=O$[2]
1310  GOTO 1870
1320  IF M$[1,1] <> "B" THEN 1460
1330  IF M$="BIT" THEN 1460
1340  M=12
1350  N$=O$
1360  GOSUB 4070
1370  IF T4 <> 2 THEN 1400
1380  A=-200
1390  GOTO 1970
1400  A=F1-C-2
1410  IF A >= 0 THEN 1430
1420  A=256+A
1430  IF ABS(F1-C) <= 127 THEN 1970
1440  'SALTA OLTRE IL RANGE DELLA LINEA';L
1450  GOTO 3090
1460  P$="("
1470  P=P-LEN(O$)
1480  GOSUB 3970
1490  P5=P1
1500  P$=","
1510  GOSUB 3970
1520  P6=P1
1530  P7=0
1540  IF  NOT P6 THEN 1610
1550  IF I$[P6+1,P6+1] <> "X" THEN 1580
1560  P7=1
1570  GOTO 1610
1580  IF I$[P6+1,P6+1]="Y" THEN 1610
1590  'MODO DI INDIRIZZAMENTO ERRATO NELLA LINEA';L
1600  GOTO 3090
1610  IF P5 <> 0 THEN 1780
1620  GOSUB 3790
1630  N$=P$
1640  IF  NOT P6 OR  NOT P7 THEN 1670
1650  M=5
1660  GOTO 1710
```

```
1670  IF  NOT P6 THEN 1700
1680  M=6
1690  GOTO 1710
1700  M=4
1710  GOSUB 4070
1720  A=F1
1730  IF T4 <> 2 THEN 1750
1740  A=-1000
1750  IF ABS(A) <= 255 THEN 1970
1760  M=M+3
1770  GOTO 1970
1780  GOSUB 3790
1790  N$=P$[2]
1800  IF  NOT P6 OR  NOT P7 THEN 1830
1810  M=10
1820  GOTO 1870
1830  IF  NOT P6 THEN 1860
1840  M=11
1850  GOTO 1870
1860  M=13
1870  GOSUB 4070
1880  A=F1
1890  IF (M <> 10 AND M <> 11) OR A <= 255 THEN 1920
1900  'VALORE TROPPO GRANDE PER PAGINA ZERO NELLA LINEA';L
1910  GOTO 3090
1920  IF T4 <> 2 THEN 1970
1930  A=-1000
1940  IF M=13 THEN 1970
1950  A=-200
1960  ********** STAMPA IL CODICE OPERATIVO & EA SU FILE **********
1970  IF A >= 0 THEN 2070
1980  Z$[10,11]="**"
1990  C=C+1
2000  IF M <> 12 THEN 2020
2010  Z$[11,11]="R"
2020  W9=A+256
2030  IF W9 >= 0 THEN 2200
2040  Z$[13,14]="**"
2050  C=C+1
2060  GOTO 2200
2070  R=16
2080  I=A
2090  GOSUB 4940
2100  T$=A$
2110  A$="000"
2120  A$[4]=T$
2130  IF (M >= 3 AND M <= 6) OR (M >= 10 AND M <= 12) THEN 2180
2140  Z$[13,14]=A$[LEN(A$)-3,LEN(A$)-2]
2150  Z$[10,11]=A$[LEN(A$)-1]
2160  C=C+2
2170  GOTO 2200
2180  Z$[10,11]=A$[LEN(A$)-1]
2190  C=C+1
2200  R=16
2210  I=T5
2220  GOSUB 4940
2230  T$="000"
2240  T$[4]=A$
2250  Z$[1,4]=T$[LEN(T$)-3]
2260  RESTORE 5140
2270  FOR I=1 TO (O-1)*13+M
2280  READ T$
2290  NEXT I
2300  IF T$ <> "  " THEN 2370
2310  IF M>6 OR M<4 THEN 2350
2320  M=M+3
2330  C=T5
2340  GOTO 1970
```

```
2350  'MODO DI INDIRIZZAMENTO NON CONSENTITO NELLA LINEA';L
2360  GOTO 3090
2370  Z$[7,8]=T$
2380  Z$[5,5]=':'
2390  C=C+1
2400  Z$[17,17+LEN(I$)]=I$
2410  Z$[(19+LEN(I$)) MAX 38]=C$[1,72-(19+LEN(I$) MAX 38)]
2420  PRINT #3;Z$,T5
2430  GOTO 320
2440  ********** SECONDO PASSO: RISOLVI LE REFERENCE FWD **********
2450  PRINT #2; END
2460  PRINT #3; END
2470  READ #2,1
2480  L=0
2490  READ #3,1
2500  PRINT #4,1
2510  IF  END #3 THEN 2870
2520  P=1
2530  READ #3;I$,T5
2540  L=L+1
2550  IF I$="" THEN 2850
2560  P$="!"
2570  GOSUB 3970
2580  IF P1=0 OR P1=17 THEN 2610
2590  P=P1
2600  I$[P,P]=" "
2610  IF I$[10,10] <> "*" THEN 2850
2620  GOSUB 3790
2630  N$=P$
2640  IF N$[1,1] <> "(" THEN 2660
2650  N$=N$[2]
2660  GOSUB 4070
2670  IF T4 <> 2 THEN 2700
2680  'REF DIR IRRESOLUBILE / LABEL ERRATA NELLA LINEA';L
2690  GOTO 3090
2700  I=F1
2710  IF I$[11,11] <> "R" THEN 2750
2720  I=F1-T5-2
2730  IF I >= 0 THEN 2750
2740  I=I+256
2750  R=16
2760  GOSUB 4940
2770  T$=A$
2780  A$="000"
2790  A$[4]=T$
2800  IF I$[13,14] <> "**" THEN 2840
2810  I$[13,14]=A$[LEN(A$)-3,LEN(A$)-1]
2820  I$[10,11]=A$[LEN(A$)-1]
2830  GOTO 2850
2840  I$[10,11]=A$[LEN(A$)-1]
2850  PRINT #4;I$
2860  GOTO 2510
2870  PRINT #4; END
2880  IF R8=1 THEN 3080
2890  IF  END #4 THEN 2940
2900  READ #4,1
2910  READ #4;I$
2920  PRINT I$
2930  GOTO 2910
2940  READ #2,1
2950  'TABELLA SIMBOLI'
2960  IF  END #2 THEN 3080
2970  FOR I6=1 TO 3
2980  READ #2;O$,T5
2990  R=16
3000  I=T5
3010  GOSUB 4940
3020  T$="0000"
```

```
3030  T$[LEN(T$)+1]=A$
3040  PRINT TAB((I6-1)*25+1);O$;TAB((I6-1)*25+13);T$[LEN(T$)-3];
3050  NEXT I6
3060  PRINT
3070  GOTO 2970
3080  END
3090  PRINT "<"I$">"
3100  END
3110  ********** PROCESSO DI CARICAMENTO DI MEMORIA **********
3120  Q7=1
3130  IF M$[2,3] <> "TE" THEN 3260
3140  IF Q7 <> 1 THEN 3190
3150  GOSUB 3750
3160  P=P-LEN(P$)
3170  O$=I$[P,P]
3180  P=P+1
3190  IF P <= 72 THEN 3220
3200  PRINT "BAD DELIMITER IN LINE ";L
3210  GOTO 3090
3220  P$[1]="/"
3230  P$[2,2]=I$[P,P]
3240  IF P$[2,2]=O$ THEN 320
3250  GOTO 3280
3260  GOSUB 3790
3270  Z$=""
3280  P=P+1
3290  IF LEN(P$)=0 THEN 320
3300  N$=P$
3310  GOSUB 4070
3320  IF T4 <> 2 THEN 3350
3330  'LABEL ERRATA NELL'ASSEGNAZIONE DI MEMORIA DELLA LINEA';L
3340  GOTO 3090
3350  R=16
3360  I=F1
3370  GOSUB 4940
3380  T$=A$
3390  A$="000"
3400  A$[4]=T$
3410  IF M$[2,2] <> "W" THEN 3460
3420  Z$[10,11]=A$[LEN(A$)-3,LEN(A$)-2]
3430  Z$[7,8]=A$[LEN(A$)-1]
3440  C=C+2
3450  GOTO 3560
3460  IF M$[2,2]="D" THEN 3530
3470  IF F1<256 THEN 3500
3480  'NUMERO TROPPO GRANDE NELL'ASSEGNAZIONE DI MEMORIA DELLA LINEA';L
3490  GOTO 3090
3500  Z$[7,8]=A$[LEN(A$)-1]
3510  C=C+1
3520  GOTO 3560
3530  Z$[7,8]=A$[LEN(A$)-3,LEN(A$)-2]
3540  Z$[10,11]=A$[LEN(A$)-1]
3550  C=C+1
3560  I=T5
3570  R=16
3580  GOSUB 4940
3590  T$="000"
3600  T$[4]=A$
3610  Z$[1,4]=T$[LEN(T$)-3]
3620  Z$[5,5]=":"
3630  IF Q7 <> 1 THEN 3700
3640  IF LEN(L$)=0 THEN 3670
3650  PRINT #2;L$,T5
3660  PRINT #2; END
3670  Z$[17,17+LEN(I$)]=I$
3680  Z$[(19+LEN(I$)) MAX 38]=C$[1,72-(19+LEN(I$)) MAX 38]
3690  GOTO 3710
3700  Z$=Z$[1,15]
```

```
3710  Q7=0
3720  PRINT #3;Z$,T5
3730  T5=C
3740  GOTO 3130
3750  ***** ROUTINE PER ISOLARE IL SIMBOLO *****
3760  COMINCIA CERCANDO IL SIMBOLO A P, PONILO IN P$ ED
3770  AGGIORNA P. SE L'INGRESSO È TROVATO ARRESTA L'ESPLORAZIONE A
3780  T9=1
3790  SE L'INGRESSO È QUI ARRESTA LA SCANSIONE A
3800  FOR I1=P TO LEN(I$)
3810  IF I$[I1,I1] <> " " THEN 3830
3820  NEXT I1
3830  P$=""
3840  FOR I2=I1 TO LEN(I$)
3850  IF I$[I2,I2]=" " THEN 3920
3860  IF T9=1 THEN 3900
3870  IF I$[I2,I2]="," THEN 3920
3880  IF I$[I2,I2]=")" THEN 3920
3890  IF I$[I2,I2]="=" THEN 3920
3900  P$[LEN(P$)+1]=I$[I2,I2]
3910  NEXT I2
3920  P=I2
3930  IF LEN(P$) <> 0 THEN 3950
3940  P=P+1
3950  T9=0
3960  RETURN
3970  ***** ROUTINE DI RICERCA SIMBOLO *****
3980  RITORNA CON P1 = SYMLOC SE TROVATO. P1 = 0
3990  SE SIMBOLO NON TROVATO
4000  FOR I=P TO LEN(I$)
4010  IF I$[I,I]=P$[1,1] THEN 4050
4020  NEXT I
4030  P1=0
4040  RETURN
4050  P1=I
4060  RETURN
4070  ***** INTERPRETER DI STRINGA NUMERICA *****
4080  SEMPLIFICA LE STRINGHE DI LABEL ED ESPRESSIONI NUMERICHE
4090  DI NUMERI DI BASE QUALSIASI. PIÙ LE COSTANTI ASCII.
4100  F1=W=0
4110  A$=""
4120  FOR I=1 TO LEN(N$)
4130  IF N$[I,I]="+" THEN 4180
4140  IF N$[I,I]="-" THEN 4180
4150  IF N$[I,I]=")" THEN 4610
4160  A$[LEN(A$)+1]=N$[I,I]
4170  NEXT I
4180  IF A$ <> "," THEN 4210
4190  F2=C
4200  GOTO 4480
4210  IF A$[1,1]>"Z" THEN 4350
4220  IF A$[1,1]<"A" THEN 4350
4230  READ #2,1
4240  IF  END #2 THEN 4330
4250  READ #2;T$,T1
4260  IF T$ <> A$ THEN 4240
4270  F2=T1
4280  T4=3
4290  IF  END #2 THEN 4320
4300  READ #2;T$,T1
4310  GOTO 4300
4320  GOTO 4480
4330  T4=2
4340  RETURN
4350  IF A$[1,1] <> "'" THEN 4390
4360  A$=A$[2]
4370  GOSUB 4640
4380  GOTO 4480
```

```
4390  B=10
4400  IF A$[1,1] <> "%" THEN 4430
4410  B=2
4420  GOTO 4450
4430  IF A$[1,1] <> "$" THEN 4460
4440  B=16
4450  A$=A$[2]
4460  GOSUB 4750
4470  F2=F
4480  IF W=2 THEN 4510
4490  F1=F1+F2
4500  GOTO 4520
4510  F1=F1-F2
4520  IF I >= LEN(N$) THEN 4610
4530  T$="+-"
4540  FOR W=1 TO LEN(T$)
4550  IF T$[W,W]=N$[I,I] THEN 4590
4560  NEXT W
4570  "OPERATORE ILLEGALE NELLA LINEA";L
4580  GOTO 3090
4590  A$=""
4600  GOTO 4170
4610  T4=0
4620  RETURN
4630  ***** CARATTERE ASCII AL CONVERTITORE DI NUMERO *****
4640  A$=A$[1,1]
4650  F2=0
4660  READ #5,1
4670  READ #5;T$
4680  FOR I=1 TO 72
4690  IF A$[1,1]=T$[I,I] THEN 4740
4700  F2=F2+1
4710  NEXT I
4720  F2=F2-B
4730  GOTO 4670
4740  RETURN
4750  ***** STRINGA MULTI-RADIX AL CONVERTITORE DI NUMERO *****
4760  B È LA BASE DEL NUMERO IN A$, F È IL PRODOTTO
4770  F=0
4780  I1=0
4790  FOR I2=LEN(A$) TO 1 STEP -1
4800  RESTORE 4910
4810  FOR N=0 TO B-1
4820  READ F$
4830  IF F$=A$[I2,I2] THEN 4870
4840  NEXT N
4850  "NUMERO ERRATO NELLA LINEA";L
4860  GOTO 3090
4870  F=F+N*B^I1
4880  I1=I1+1
4890  NEXT I2
4900  RETURN
4910  DATA "0","1","2","3","4","5","6","7","8","9","A","B","C","D"
4920  DATA "E","F","G","H","I","J","K","L","M","N","O","P","Q","R","S"
4930  DATA "T","U","V","W","X","Y","Z"
4940  ***** NUMERO MULTI-RADIX AL CONVERTITORE DI STRINGA *****
4950  I È IL NUMERO D'INGRESSO, R È LA BASE DI CUI A$ SARÀ IL PRODOTTO
4960  A$=""
4970  T=I
4980  FOR N=20 TO 0 STEP -1
4990  IF I/R^N >= 1 THEN 5020
5000  NEXT N
5010  N=N-1
5020  Q=INT(T/R^N)
5030  IF Q <= R-1 THEN 5050
5040  Q=0
5050  T=T-Q*R^N
5060  RESTORE 4910
```

```
5070  FOR S=0 TO Q
5080  READ T$
5090  NEXT S
5100  A$[LEN(A$)+1]=T$
5110  IF N>0 THEN 5010
5120  RETURN
5130  *************** TABELLA CODICI OPERATIVI ***************
5140  DATA '  ','  ','69','65','75','  ','6D','7D','79','61','71','  ','  '
5150  DATA '  ','  ','29','25','35','  ','2D','3D','39','21','31','  ','  '
5160  DATA '  ','0A','  ','06','16','  ','0E','1E','  ','  ','  ','  ','  '
5170  DATA '  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','90','  '
5180  DATA '  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','B0','  '
5190  DATA '  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','F0','  '
5200  DATA '  ','  ','  ','24','  ','  ','2C','  ','  ','  ','  ','  ','  '
5210  DATA '  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','30','  '
5220  DATA '  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','D0','  '
5230  DATA '  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','10','  '
5240  DATA '00','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  '
5250  DATA '  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','50','  '
5260  DATA '  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','70','  '
5270  DATA '18','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  '
5280  DATA 'D8','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  '
5290  DATA '58','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  '
5300  DATA 'B8','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  '
5310  DATA '  ','  ','C9','C5','D5','  ','CD','DD','D9','C1','D1','  ','  '
5320  DATA '  ','  ','E0','E4','  ','  ','EC','  ','  ','  ','  ','  ','  '
5330  DATA '  ','  ','C0','C4','  ','  ','CC','  ','  ','  ','  ','  ','  '
5340  DATA '  ','  ','  ','C6','D6','  ','CE','DE','  ','  ','  ','  ','  '
5350  DATA 'CA','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  '
5360  DATA '88','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  '
5370  DATA '  ','  ','49','45','55','  ','4D','5D','59','41','51','  ','  '
5380  DATA '  ','  ','  ','E6','F6','  ','EE','FE','  ','  ','  ','  ','  '
5390  DATA 'E8','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  '
5400  DATA 'C8','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  '
5410  DATA '  ','  ','  ','  ','  ','  ','4C','  ','  ','  ','  ','  ','6C'
5420  DATA '  ','  ','  ','  ','  ','  ','20','  ','  ','  ','  ','  ','  '
5430  DATA '  ','  ','A9','A5','B5','  ','AD','BD','B9','A1','B1','  ','  '
5440  DATA '  ','  ','A2','A6','  ','B6','AE','  ','BE','  ','  ','  ','  '
5450  DATA '  ','  ','A0','A4','B4','  ','AC','BC','  ','  ','  ','  ','  '
5460  DATA '  ','4A','  ','46','56','  ','4E','5E','  ','  ','  ','  ','  '
5470  DATA 'EA','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  '
5480  DATA '  ','  ','09','05','15','  ','0D','1D','19','01','11','  ','  '
5490  DATA '48','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  '
5500  DATA '08','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  '
5510  DATA '68','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  '
5520  DATA '28','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  '
5530  DATA '  ','2A','  ','26','36','  ','2E','3E','  ','  ','  ','  ','  '
5540  DATA '  ','6A','  ','66','76','  ','6E','7E','  ','  ','  ','  ','  '
5550  DATA '40','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  '
5560  DATA '60','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  '
5570  DATA '  ','  ','E9','E5','F5','  ','ED','FD','F9','E1','F1','  ','  '
5580  DATA '38','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  '
5590  DATA 'F8','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  '
5600  DATA '78','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  '
5610  DATA '  ','  ','  ','85','95','  ','8D','9D','99','81','91','  ','  '
5620  DATA '  ','  ','  ','86','  ','96','8E','  ','  ','  ','  ','  ','  '
5630  DATA '  ','  ','  ','84','94','  ','8C','  ','  ','  ','  ','  ','  '
5640  DATA 'AA','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  '
5650  DATA 'A8','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  '
5660  DATA 'BA','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  '
5670  DATA '8A','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  '
5680  DATA '9A','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  '
5690  DATA '98','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  ','  '
5700  *************** TABELLA MNEMONICI ***************
5710  DATA 'ADC','AND','ASL','BCC','BCS','BEQ','BIT','BMI','BNE'
5720  DATA 'BPL','BRK','BVC','BVS','CLC','CLD','CLI','CLV','CMP','CPX','CPY'
5730  DATA 'DEC','DEX','DEY','EOR','INC','INX','INY','JMP','JSR','LDA','LDX'
5740  DATA 'LDY','LSR','NOP','ORA','PHA','PHP','PLA','PLP','ROL','ROR','RTI'
```

```
5750  DATA 'RTS','SBC','SEC','SED','SEI','STA','STX','STY','TAX','TAY','TSX'
5760  DATA 'TXA','TXS','TYA'
5770  END
```

APPENDICE B

GIOCO DI MOLTIPLICAZIONE: IL PROGRAMMA

```
                    ;***** MULT *****
                    ;
                    N        =$00
                    P        =$01
                    NSAVE    =$02
                    PSAVE    =$03
                    T        =$04
                    D        =$9D
                    X        =$200
                    Y        =$201
                    RESUL    =$202
                    ASAVE    =$240
                    XSAVE    =$241
                    YSAVE    =$242
                    PA       =$1700
                    PAD      =$1701
                    TIMER    =$1707
                    ;
                             .=$20
0020: A5 00         START    LDA N
0022: 85 02                  STA NSAVE
0024: A5 01                  LDA P
0026: 85 03                  STA PSAVE
0028: A9 01                  LDA #$01
002A: 8D 01 17               STA PAD
002D: 20 50 02      M1       JSR SOUND
0030: 20 90 00               JSR DL250
0033: C6 00                  DEC N
0035: D0 F6                  BNE M1
0037: A2 14                  LDX #$14          ;2 SECONDI
0039: 20 9E 00               JSR TIME10        ;SUBROUTINE 0.1 SEC
003C: 20 50 02      M2       JSR SOUND
003F: 20 90 00               JSR DL250
0042: C6 01                  DEC P
0044: D0 F6                  BNE M2
0046: A9 00         AGAIN    LDA #0
0048: 85 04                  STA T
004A: AD 00 17      POL      LDA PA
004D: 30 FB                  BMI POL
004F: E6 04         PLUS1    INC T             ;TASTO GIÙ?
0051: AD 00 17      M3       LDA PA
0054: 10 FB                  BPL M3
0056: A0 1E                  LDY #$1E          ;TASTO SU?
0058: A2 01         M4       LDX #1
005A: 20 9E 00               JSR TIME10
005D: AD 00 17               LDA PA
0060: 10 ED                  BPL PLUS1
0062: 88                     DEY
```

```
0063: 10 F3                BPL M4
                     ;RISPOSTA COMPLETA: RISULTATO IN T
0065: A6 02                LDX NSAVE
0067: A4 03                LDY PSAVE
0069: 20 10 02             JSR MULTI        ;RISULTATO IN A
006C: C5 04                CMP T
006E: F0 0D                BEQ BRAVO
                     ;RISPOSTA ERRATA
0070: A0 10                LDY #$10
0072: 20 50 02       M5    JSR SOUND
0075: 20 90 00             JSR DL250
0078: 88                   DEY
0079: D0 F7                BNE M5
007B: F0 C9                BEQ AGAIN
                     ;RISPOSTA CORRETTA
007D: A0 20          BRAVO LDY #$20
007F: 20 50 02       M6    JSR SOUND
0082: 88                   DEY
0083: D0 FA                BNE M6
0085: 00                   BRK
                     ;
                           .=$90
0090: 98             DL250 TYA
0091: A2 3D                LDX #$3D
0093: A0 00          DL2   LDY #0
0095: C8             DL1   INY
0096: D0 FD                BNE DL1
0098: E8                   INX
0099: D0 FB                BNE DL2
009B: A8                   TAY
009C: 60                   RTS
                     ;
                           .=$9E
009E: 86 9D          TIME10 STX D           ;DURATA IN DECIMI DI SECONDO
00A0: A9 62          TO    LDA #$62         ;98 BASE DIECI
00A2: 8D 07 17             STA TIMER        ;TIMER 1024
00A5: AD 07 17       T1    LDA TIMER
00A8: 10 FB                BPL T1
00AA: C6 9D                DEC D
00AC: D0 F2                BNE TO
00AE: 60                   RTS
                     ;
                           .=$210
0210: 8E 00 02       MULTI STX X
0213: 8C 01 02             STY Y
0216: A0 08                LDY #8
0218: A9 00                LDA #0
021A: 4E 00 02       ONE   LSR X
021D: 90 04                BCC TWO
021F: 18                   CLC
0220: 6D 01 02             ADC Y
0223: 4A             TWO   LSR A
0224: 6E 02 02             ROR RESUL
0227: 88                   DEY
0228: D0 F0                BNE ONE
022A: AD 02 02             LDA RESUL
022D: 60                   RTS
                     ;
                           .=$250
0250: 8D 40 02       SOUND STA ASAVE
0253: 8E 41 02             STX XSAVE
0256: 8C 42 02             STY YSAVE
0259: A9 00                LDA #0
025B: A2 80                LDX #$80
025D: A0 00          CL2   LDY #0
025F: C8             CL1   INY
0260: D0 FD                BNE CL1
0262: 49 01                EOR #1
```

```
0264: 8D 00 17          STA PA
0267: E8                INX
0268: D0 F3             BNE CL2
026A: AD 40 02          LDA ASAVE
026D: AE 41 02          LDX XSAVE
0270: AC 42 02          LDY YSAVE
0273: 60                RTS
```

SYMBOL TABLE:

N	0000	P	0001	NSAVE	0002
PSAVE	0003	T	0004	D	009D
X	0200	Y	0201	RESUL	0202
ASAVE	0240	XSAVE	0241	YSAVE	0242
PA	1700	PAD	1701	TIMER	1707
START	0020	M1	002D	M2	003C
AGAIN	0046	POL	004A	PLUS1	004F
M3	0051	M4	0058	M5	0072
BRAVO	007D	M6	007F	DL250	0090
DL2	0093	DL1	0095	TIME10	009E
TO	00A0	T1	00A5	MULTI	0210
ONE	021A	TWO	0223	SOUND	0250
CL2	025D	CL1	025F		
ONE					

APPENDICE C

LISTING DEI PROGRAMMI (Capitolo 4, Parte 1)

```
LINE #LOC   CODE      LINE

0002  0000            ;QUESTA È UNA SUBROUTINE CHE ACCETTA I CARATT. ASCII
0003  0000            ;DA 2CH A 5AH (PIÙ 20H PER SPAZIO) E SUONA
0004  0000            ;IL COD. MORSE EQUIV. SU UN ALTOPARLANTE COLLEGATO A
0005  0000            ;PB7, 6522-025. INOLTRE ESSO COMMUTA ON/OFF PB0. 6522-
0006  0000            ;025 E, CON UN DRIVER, QUESTO BIT PUÒ AZIONARE UN
0007  0000            ;TRASMETTITORE. UN PROG. PRINC. CHIAMERÀ QUESTA SUB
0008  0000            ;CON IL CARATT. ASCII IN ACC.
0009  0000            ;ESEMPI SI POSSONO AVERE
0010  0000            ;ACCETTANDO INGRESSI DA UN TERMINALE PER AVERE IL CODICE MORSE
0011  0000            ;CON QUESTO PROGR. OPPURE GENERARE UN ORDINE CASUALE
0012  0000            ;DI CARATT. PER UN CODICE
0013  0000            ;IL FORMATO DEI CARATT. DEL COD. MORSE DELLA TABELLA
0014  0000            ;È: DA SINISTRA A DESTRA, IL PRIMO BIT
0015  0000            ;UGUALE AD 1 È IL BIT DI START ED OGNI
0016  0000            ;1 SEG. È UNA LINEA ED OGNI 0 UN PUNTO.
0017  0000            SPEED = $F0
0018  0000            COUNT = $F1
0019  0000            CHAR = $F2
0020  0000                    . = $300
0021  0300: C9 20     MORSE CMP # $20          ;SE UNO SPAZIO, ESEGUI LA ROUTINE DI SPAZIO
0022  0302: F0 67           BEQ SPACE
0023  0304: C9 2C           CMP # $2C          ;VEDI SE IL CODICE ASCII
0024  0306: 90 4E           BCC EXIT           ;      È MINORE DI 2CH, E RITORNO SE COSÌ
0025  0308: C9 5B           CMP # $5B          ;VEDI SE IL CODICE ASCII È MAGGIORE
0026  030A: B0 4A           BCS EXIT           ;      DI 5AH E RITORNO SE COSÌ
0027  030C: AA              TAX                ;PONI IL CODICE NEL REGISTRO INDICE
0028  030D: BD45 03         LDA TABLE – $2C,X  ;ACCETTA IL CARATTERE MORSE
0029  0310: A0 08           LDY # $8           ;NUMERO DI BIT DA RUOTARE L'ACCUMULATORE
0030  0312: 84 F1           STY COUNT
0031  0314: 0A       STARTB ASL A
0032  0315: C6 F1           DEC COUNT
0033  0317: 90 FB           BCC STARTB         ;FA SCORRERE FINCHÉ NON TROVI IL BIT DI START
0034  0319: 85 F2           STA CHAR
0035  031B: A5 F2    NEXT   LDA CHAR
0036  031D: 0A              ASL A              ;ORA EMETTI IL CODICE MORSE (1 = LINEA, 0 = PUNTO)
0037  031E: 85 F2           STA CHAR
0038  0320: A0 01           LDY # $1           ;PUNTO = 1 PERIODO DI TEMPO, SALTA AL PUNTO
0039  0322: 90 02           BCC SEND           ;SE CARRY È 0, PUNTO
0040  0324: A0 03           LDY # $3           ;ALTRIMENTI LINEA (3 PERIODI DI TEMPO)
0041                  ;QUESTA PARTE INVIA UN'USCITA ALTA PER N DI PERIODI DI TEMPO (REG. Y) ED
0042                  ;  UN'USCITA BASSA PER 1 PERIODO
0043  0326: A9 C0    SEND   LDA # $C0
0044  0328: 8D 0B A0        STA $A00B          ;PONI IL MODO DEL TIMER A FREE RUNNING PER
```

Programma 4-1: Morse (Figura 4-31 del testo)

```
0045  032B: A9 00          LDA  # $0          ;  QUESTO VALORE
0046  032D: 8D 06 A0       STA  $A006
0047  0330: A9 04          LDA  # $04         ;E QUESTO VALORE DETERMINA IL TONO
0048  0332: 8D 07 A0       STA  $A007         ;  DELL'USCITA (CIRCA 1000 MHz)
0049  0335: 8D 05 A0       STA  $A005         ;QUESTO FA PARTIRE IL TONO
0050  0338: A9 01          LDA  # $1          ;PONI AD 1 IL BIT D'USCITA PB0
0051  033A: 8D 00 A0       STA  $A000
0052  033D: 20 57 03       JSR  DELAY         ;RITARDO PER UN PERIODO DI TEMPO
0053  0340: A9 00          LDA  # $0
0054  0342: 8D 0B A0       STA  $A00B         ;PONI A 0 TONF
0055  0345: 8D 00 A0       STA  $A000         ;PONE A 0 IL BIT D'USCITA (PB0)
0056  0348: A0 01          LDY  # $01
0057  034A: 20 57 03       JSR  DELAY         ;RITARDO PER 1 PERIODO DI TEMPO (SPAZIO TRA ELEMENTI)
0058  034D: C6 F1          DEC  COUNT         ;DECREMENTA CONTEGGIO - VEDI SE SONO RUOTATI 8 BIT
0059  034F: D0 CA          BNE  NEXT          ;SE NO ESEGUI UN ALTRO ELEMENTO
0060  0351: A0 02   FINISH LDY  # $2          ;RITARDO PER 3 PERIODI TEMPO (2 QUI PIÙ LO SPAZIO
0061  0353: 20 57 03       JSR  DELAY         ;  ALLA FINE DELL'ULTIMO ELEMENTO)
0062  0356: 60      EXIT   RTS
0063                ;  RITARDO PER (REG. Y) * SPEED * 0.005 SEC
0064  0357: 98      DELAY  TYA
0065  0358: 0A             ASL  A
0066  0359: 0A             ASL  A
0067  035A: A8             TAY
0068  035B: A5 F0   D3     LDA  SPEED
0069  035D: A2 FA   D2     LDX  # $FA
0070  035F: CA      D1     DEX
0071  0360: D0 FD          BNE  D1
0072  0362: 38             SEC
0073  0363: E9 01          SBC  # $1
0074  0365: D0 F6          BNE  D2            ;RITARDO PER 7 PERIODI DI TEMPO
0075  0367: 88             DEY                ;  (SPAZIO TRA PAROLE)
0076  0368: D0 F1          BNE  D3            ;RITORNO DAL PROGRAMMA MORSE
0077  036A: 60             RTS
0077  036B: A0 07   SPACE  LDY  # $7
0077  036D: 20 57 03       JSR  DELAY
0077  0370: 60             RTS
0077  0371: 73      TABLE  .BYTE $73, $31, $6A, $32, $3F, $2F
0077  0372: 31
0078  0373: 6A
0078  0374: 32
0078  0375: 3F
0078  0376: 2F
0078  0377: 27             .BYTE $27, $23, $21, $20, $30, $38
0078  0378: 23
0079  0379: 21
0079  037A: 20
0079  037B: 30
0079  037C: 38
0079  037D: 3C             .BYTE $3C, $3E, $01, $01, $01, $01
0079  037E: 3E
0080  037F: 01
0080  0380: 01
0080  0381: 01
0080  0382: 01             .BYTE $01, $4C, $01, $05, $18, $1A
0080  0383: 01
0080  0384: 4C
0081  0385: 01
```

Programma 4-1: Morse (continua)

```
0081  0386: 05
0081  0387: 18
0081  0388: 1A
0081  0389: 0C          .BYTE $0C, $02, $12, $0E, $10, $04
0081  038A: 02
0082  038B: 12
0082  038C: 0E
0082  038D: 10
0082  038E: 04
0082  038F: 17          .BYTE $17, $0D, $14, $07, $06, $0F
0082  0390: 0D
0083  0391: 14
0083  0392: 07
0083  0393: 06
0083  0394: OF
0083  0395: 16          .BYTE $16, $1D, $0A, $08, $03, $09
0083  0396: 1D
0084  0397: 0A
0084  0398: 08
0084  0399: 03
0084  039A: 09
0084  039B: 11          .BYTE $11, $0B, $19, $1B, $1C
0085  039C: 0B
0085  039D: 19
0085  039E: 1B
0085  039F: 1C
```

SYMBOL TABLE:

SPEED	00F0	COUNT	00F1	CHAR	00F2
MORSE	0300	STARTR	0314	NEXT	031B
SEND	0326	FINISH	0351	EXIT	0356
DELAY	0357	D3	035B	D2	035D
D1	035F	SPACE	036B	TABLE	0371

Programma 4-1: Morse (continua)

```
LINE #LOC  CODE     LINE

                    ;CARICA PRELIM. A7 NELLA LOC. A67E E 03 IN A07F
0002  0000          ;QUESTA È UNA ROUTINE DI OROLOGIO IN TEMPO REALE
0003  0000          ;CHE CONSERVA IL TEMPO CORRENTE ALLE LOC. SEC (00F6), MIN
0004  0000          ;(005F) ED HOUR (00F4). ESSA È INTERROTTA
0005  0000          ;DA FINE TEMPO O INTERRUPT TIMER. CHE
0006  0000          ;CAUSA UN INTERRUPT E SALTA ALLA ROUTINE
0007  0000          ;DELL'OROLOGIO 20 VOLTE AL SECONDO. LA ROUTINE DELL'OROLOGIO
0008  0000          ;ED IL TIMER DELL'INTERVALLO DEVONO PRIMA ESSERE INIZ.
0009  0000          ;QUESTO VIENE ESEGUITO DAL COD. 'INIT' E SI DEVE SALTARE
0010  0000          ;ALL'INIZIO PER INIZIALIZZ., INTRODURRE IL TEMPO ATTUALE
0011  0000          ;LA ROUTINE PARTIRÀ A SEC, MIN ED
                    ;HOUR INVIANDO IL COMANDO 'GO 0390 CR'
                    ;NON OCCORRE FARE ALTRO
0012  0000          COUNT = $00F7      ;CONTATORE PER VENTESIMI DI SECONDO
0013  0000          SECS = $00F6       ;TEMPO CORRENTE
0014  0000          MIN = $00F5
0015  0000          HOUR = $00F4
0016  0000          ACR = $A00B        ;REGISTRO TIMER MODE
0017  0000          T1LL = $A006       ;COSTANTE DEL TIMER DI BASSO ORDINE
0018  0000          TIHC = $A005       ;COSTANTE DEL TIMER DI ORDINE ELEVATO
0019  0000                 *= $0390
0020  0390  A9 14   INIT   LDA #$14          ;POSIZIONATI AI PRIMI VENTI
0021  0392  85 F7          STA COUNT         ;CONTEGGI
0022  0394  8D 0B A0       STA ACR           ;PONI A 0 IN ACR 1
                                             ;BIT 7 ED 8
0023  0397  A9 C0          LDA #$C0          ;PONI AD 1 I BIT 8 E 7
0024  0399  8D 0E A0       STA $A00E         ;NEL REGISTRO DI ABILITAZIONE
                                             ;INTERRUPT (PER ABILITARE
                                             ;GLI INTERRUPT DAL TIMER 1)
0025  039C  A9 50          LDA #$50          ;MEMORIZZA C350 NEL TIMER
0026  039E  8D 06 A0       STA T1LL          ;  (COSTANTE DI RITARDO
0027  03A1  A9 C3          LDA #$C3          ;  PER 50 MS)
0028  03A3  8D 05 A0       STA T1HC          ;QUESTO AVVIA IL TIMER
0029  03A6  60             RTS               ;RITORNA AL MONITOR
0030  03A7  08      CLOCK  PHP               ;SALVA LO STATO
0031  03A8  48             PHA
0032  03A9  F8             SED
0033  03AA  A9 50          LDA #$50          ;MEMORIZZA C350 NEL TIMER
0034  03AC  8D 06 A0       STA T1LL          ;  (COSTANTE DI RITARDO
0035  03AF  A9 C3          LDA #$C3          ;  PER 50 MS)
0036  03B1  8D 05 A0       STA T1HC          ;QUESTO AVVIA IL TIMER
0037  03B4  C6 F7          DEC COUNT         ;DECREMENTA IL CONTEGGIO
                                             ;DI VENTI
0038  03B6  D0 31          BNE EXIT          ;ESCI SE NON SI È
                                             ;ANCORA CONTATO FINO A VENTI
0039  03B8  A9 14          LDA #$14          ;ALTRIMENTI RIPRISTINA CONTEGGIO
```

Programma 4-2: Tempo del Giorno (Figura 4-37 del testo)

```
0040  03BA  85 F7          STA  COUNT      ;UN INTERO SECONDO È TRASCORSO
0041  03BC  A9 01          LDA  #$01
0042  03BE  18             CLC
0043  03BF  65 F6          ADC  SECS       ;AGGIUNGI 1 A SEC
0044  03C1  85 F6          STA  SECS
0045  03C3  C9 60          CMP  #$60       ;VEDI SE SI È ARRIVATI A 60 SECONDI
0046  03C5  D0 22          BNE  EXIT       ;SE NO, ESCI
0047  03C7  A9 00          LDA  #$00       ;ALTRIMENTI PONI SECONDI A 0
0048  03C9  85 F6          STA  SECS
0049  03CB  A9 01          LDA  #$01
0050  03CD  18             CLC
0051  03CE  65 F5          ADC  MIN        ;E SOMMA 1 AI MINUTI
0052  03D0  85 F5          STA  MIN
0053  03D2  C9 60          CMP  #$60       ;VEDI SE SI È RAGGIUNTO 60 MINUTI
0054  03D4  D0 13          BNE  EXIT       ;SE NO, ESCI
0055  03D6  A9 00          LDA  #$00
0056  03D8  85 F5          STA  MIN        ;ALTRIMENTI PONI I MINUTI A 0
0057  03DA  A9 01          LDA  #$01
0058  03DC  18             CLC
0059  03DD  65 F4          ADC  HOUR       ;E SOMMA 1 AD HOUR
0060  03DF  85 F4          STA  HOUR
0061  03E1  C9 24          CMP  #$24       ;VEDI SE SI SONO RAGGIUNTE 24 ORE
0062  03E3  D0 04          BNE  EXIT       ;SE NO, ESCI
0063  03E5  A9 00          LDA  #$00
0064  03E7  85 F4          STA  HOUR       ;ALTRIMENTI PONI HOUR A 0
0065  03E9  68       EXIT  PLA             ;RIMEMORIZZA LO STATO
0066  03EA  28             PLP
0067  03EB  40             RTI

ERRORS = 0000 < 0000 >

SYMBOL TABLE

SYMBOL VALUE

ACR     A00B    CLOCK   03A7    COUNT   00F7    EXIT    03E9
HOUR    00F4    INIT    0390    MIN     00F5    PLS     03EA
SECS    00F6    T1HC    A005    T1LL    A006

END OF ASSEMBLY
```

Programma 4-2: Tempo del Giorno (continua)

```
LINE #LOC  CODE      LINE

0002 0000            ;QUESTA È UNA SEMPLICE ROUTINE DI CONTROLLO DOMESTICO
0003 0000            ;CHE OPERA CON UN CICLO. AL TEMPO OPPORTUNO
0004 0000            ;ESSA SALTA AD UN CERTO NUMERO DI UTENTI
                     ;DI SUBROUTINE
0005 0000            ;ESEMPI
0006 0000            ;DI DISPOSITIVI DI SERVIZIO:
0007 0000            ;1) UNA SUBROUTINE POTREBBE CONTROLLARE IL TEMPO CORRENTE ED
0008 0000            ;   ACCENDERE UNA LUCE IN UN CERTO ISTANTE.
0009 0000            ;2) UNA SUBROUTINE POTREBBE OSSERVARE LO STATO DI UN
0010 0000            ;   SISTEMA D'ALLARME E PRENDERE OPPORTUNI PROVVEDIMENTI
0011 0000            ;   SE SI RIVELA UN INTRUSO
0012 0000            DDRB = $AC02
0013 0000            IORB = $AC00
0014 0000            HOUR = $00F4
0015 0000            MIN = $00F5
0016 0000            OUTBYT = $82FA
0017 0000            SCAND = $8906
0018 0000                  * = $0200
0019 0200  D8        CONTRL CLD                  ;
0020 0201  A9 OF            LDA  #$0F            ;PREDISPONI IL REGISTRO
0021 0203  8D 02 AC         STA  DDRB            ;DI DIREZIONE DATI
                                                 ;COME USCITA PER I RELÈ
0022 0206  A9 00            LDA  #$00
0023 0208  8D 00 AC         STA  IORB            ;DISABILITA I RELÈ
0024 020B  A5 F4     LOOP   LDA  HOUR            ;QUESTO È IL CICLO
                                                 ;DI CONTROLLO PRINCIPALE
0025 020D  20 FA 82         JSR  OUTBYT          ;INVIA AL DISPLAY
                                                 ;LE ORE ATTUALI
0026 0210  A5 F5            LDA  MIN
0027 0212  20 FA 82         JSR  OUTBYT          ;INVIA AL DISPLAY
                                                 ;I MINUTI ATTUALI
0028 0215  20 06 89         JSR  SCAND           ;AZIONA IL DISPLAY
                                                 ;CON IL TEMPO
0029 0218  EA               .BYTE $EA, $EA, $EA
0029 0219  EA
0029 021A  EA
0030 021B  EA               .BYTE $EA, $EA, $EA
0030 021C  EA
0030 021D  EA
0031 021E  EA               .BYTE $EA, $EA, $EA
0031 021F  EA                                    ;QUI L'UTENTE PUÒ POSIZIONARE
0031 0220  EA                                    SALTI ALLE SUBROUTINE
0032 0221  EA               .BYTE $EA, $EA, $EA  ;PER DISPOSITIVI
0032 0222  EA                                    DI SERVIZIO
0032 0223  EA
0033 0224  EA               .BYTE $EA, $EA, $EA
0033 0225  EA
0033 0226  EA
0034 0227  EA               .BYTE $EA, $EA, $EA
0034 0228  EA
0034 0229  EA
0035 022A  EA               .BYTE $EA, $EA, $EA
0035 022B  EA
```

Programma 4-3: Controllo Domestico (Figura 4-38 del testo)

```
0035  022C  EA
0036  022D  EA              .BYTE $EA, $EA, $EA
0036  022E  EA                                   :QUI L'UTENTE PUÒ POSIZIONARE
0036  022F  EA                                   SALTI ALLE SUBROUTINE
0037  0230  EA              .BYTE $EA, $EA, $EA  :PER DISPOSITIVI
0037  0231  EA                                   DI SERVIZIO
0037  0232  EA
0038  0233  EA              .BYTE $EA, $EA, $EA


0038  0234  EA
0038  0235  EA
0039  0236  4C 0B 02        JMP   LOOP
0040  0239

ERRORS = 0000 < 0000 >

SYMBOL TABLE

SYMBOL VALUE

CONTRL    0200    DDRD    AC02    HOUR    00F4    IORB    AC00
LOOP      020B    MIN     00F5    OUTBYT  82FA    SCAND   8906

END OF ASSEMBLY
```

Programma 4-3: Controllo Domestico (continua)

```
LINE #LOC  CODE      LINE
0002  0000            ;QUESTO È UN PROGRAMMA CHE COMPONE
0003  0000            ;NUMERI TELEFONICI PRE-MEMORIZZATI. ESSO PRODUCE UN'USCITA
0004  0000            ;A DUE TONI SU UN ALTOPARLANTE CONNESSO IN CONFIGURAZIONE 2
0005  0000            ;(2 TONI - VEDI ALTOPARLANTE). QUESTI TONI RIPRODURRANNO
0006  0000            ;IL TOCCO TELEFONICO PONENDO L'ALTOPARLANTE IN
0007  0000            ;CORRISPONDENZA DELLA CORNETTA LATO BOCCA.
0008  0000            ;PER IMPIEGARE IL PROGRAMMA CARICA IL NUMERO (I)
0009  0000            ;TELEFONICO DOVUNQUE IN MEMORIA, UNA CIFRA PER BYTE
0010  0000            ;TERMINANDO CON 0F (ESADEC.). PER ES. IL NUM.
0011  0000            ;555-1212 RISULTEREBBE IN MEMORIA 05 05 05 01 02 01 02 0F (TUTTI ESADEC.).
0012  0000            ;CARICANDO L'INDIRIZZO DEL NUMERO SI INTRODUCA
0013  0000            ;PRIMA IL BYTE BASSO, NELLE LOC. 00C0 E 00C1.
0014  0000            ;INOLTRE SI ENTRA A QUESTA SUB.
                      ;DA MONITOR O JSR AD ESSA DA UN ALTRO PROGRAMMA.
0015  0000            NUMPTR = $00C0          ;QUESTO PUNTA ALL'INDIRIZZO
                                              ;DEL NUMERO TELEFONICO
0016  0000            ONDEL = $40             ;QUESTA È LA COSTANTE
                                              ;DI RITARDO PER IL TEMPO
0017  0000            OFFDEL = $20            ;COSTANTE DI RITARDO PER IL TEMPO
                                              ;QUANDO I TONI SONO 0
0018  0000            DELCON = $FF            ;COSTANTE DI RITARDO
                                              ;PER SCOPI GENERALI
0019  0000            ACR1 = $A00B            ;QUESTI SONO I REGISTRI
                                              ;TIMER MODE (TIMER 1)
0020  0000            ACR2 = $AC0B            ;(TIMER 2)
0021  0000            T1CH = $A005            ;QUESTO È IL CONTATORE DEL TIMER 1
                                              ;(BYTE ELEVATO)
0022  0000            T1LH = $A007            ;LATCH DEL TIMER 1 (BYTE ELEVATO)
0023  0000            T1LL = $A004            ;(BYTE BASSO)
0024  0000            T2CH = $AC05            ;PER TIMER 2 ANALOGAMENTE A TIMER 1
0025  0000            T2LH = $AC07
0026  0000            T2LL = $AC04
0027  0000                   *= $0300
0028  0300  A0 00     PHONE  LDY #$00         ;INDICE PER LE CIFRE
                                              ;DEL NUMERO TELEFONICO
0029  0302  B1 C0     DIGIT  LDA (NUMPTR)Y    ;ACCETTA CIFRA
0030  0304  C8               INY
0031  0305  C9 0F            CMP #$0F          ;VEDI SE FINE
                                              DEL NUMERO TELEFONICO
0032  0307  D0 01            BNE NOEND
0033  0309  60               RTS               ;RITORNO SE SI (AL
                                              ;MONITOR O
                                              ;PROGRAMMA CHIAMANTE)
0034  030A  0A EA EA NOEND ASL A               ;MOLTIPLICA IL NUMERO PER
                                              ;QUATTRO ALLA TABELLA INDICE
0035  030D  0A EA EA         ASL A             ;  (OGNI INGRESSO ALLA TABELLA
                                              ;  È DI QUATTRO BYTE)
0036  0310  AA               TAX               ;X = INDICE DELLA TABELLA
0037  0311  A9 C0            LDA #$C0
```

Programma 4-4: Combinatore Telefonico (Figura 4-41 del testo)

```
0038  0313  8D 0B A0          STA  ACR1        ;PONI IL MODO DEL TIMER
                                                ;A FREE RUNNING SU ENTRAMBI I TIMER
0039  0316  8D 0B AC          STA  ACR2
0040  0319  BD5D 03           LDA  TABLE,X     ;ACCETTA IL BYTE DI BASSO
                                                ;ORDINE DEL PRIMO TONO
0041  031C  8D 04 A0          STA  T1LL        ;MEMORIZZA IL TIMER 1
0042  031F  E8                INX
0043  0320  BD5D 03           LDA  TABLE,X     ;ACCETTA IL BYTE DI ORDINE
                                                ;ELEVATO DEL PRIMO TONO
0044  0323  8D 07 A0          STA  T1LH        ;MEMORIZZA IL TIMER 1
0045  0326  8D 05 A0          STA  T1CH        ;QUESTO AVVIA
                                                ;IL TIMER 1
0046  0329  E8                INX
0047  032A  BD5D 03           LDA  TABLE,X     ;ACCETTA IL BYTE DI BASSO
                                                ;ORDINE DEL SECONDO TONO
0048  032D  8D 04 AC          STA  T2LL        ;MEMORIZZALO NEL TIMER 2
0049  0330  E8                INX
0050  0331  BD5D 03           LDA  TABLE,X     ;ACCETTA IL BYTE DI ORDINE
                                                ;ELEVATO DEL SECONDO TONO
0051  0334  8D 07 AC          STA  T2LH        ;MEMORIZZALO NEL TIMER 2
0052  0337  8D 05 AC          STA  T2CH        ;QUESTO AVVIA
                                                ;IL TIMER 2
0053  033A  A2 40             LDX  #ONDEL      ;ACCETTA LA COSTANTE DI
                                                ;RITARDO DI TONO ACCESO
0054  033C  20 55 03 ON       JSR  DELAY       ;RITARDO MENTRE IL TONO È ACCESO
0055  033F  CA                DEX
0056  0340  D0 FA             BNE  ON
0057  0342  A9 00             LDA  #$00
0058  0344  8D 0B A0          STA  ACR1        ;DISABILITA ENTRAMBI I TIMER
0059  0347  8D 0B AC          STA  ACR2
0060  034A  A2 20             LDX  #OFFDEL     ;ACCETTA LA COSTANTE DI RITARDO
                                                ;DI TONO SPENTO
0061  034C  20 55 03 OFF      JSR  DELAY       ;RITARDO MENTRE IL TONO È SPENTO
0062  034F  CA                DEX
0063  0350  D0 FA             BNE  OFF
0064  0352  4C 02 03          JMP  DIGIT       ;RITORNA INDIETRO PER LA CIFRA
                                                ;SUCCESSIVA DEL NUMERO TELEFONICO
0065  0355          ;
0066  0355          ;QUESTA È UNA SEMPLICE ROUTINE DI RITARDO
                    ;PER L'ACCENSIONE E SPEGNIMENTO DEL TONO
0067  0355          ;
0068  0355  A9 FF   DELAY LDA  #DELCON        ;ACCETTA LA COSTANTE
0069  0357  38      WAIT  SEC                 ;DI RITARDO DI QUESTA LUNGHEZZA
0070  0358  E9 01         SBC  #$01
0071  035A  D0 FB         BNE  WAIT
0072  035C  60            RTS
0073  035D          ;
0074  035D          ;QUESTA È UNA TABELLA DELLE COSTANTI PER LE FREQUENZE
0075  035D          ;DEL TONO PER OGNI CIFRA TELEFONICA. LE COSTANTI
0076  035D          ;SONO LUNGHE 2 BYTE, PRIMA QUELLO BASSO.
0077  035D          ;
```

Programma 4-4: Combinatore Telefonico (continua)

```
0078  035D  13        TABLE  .BYTE$13, $02, $76, $01 ;DUE TONI PER '0'
0078  035E  02
0078  035F  76
0078  0360  01
0079  0361  CD               .BYTE$CD, $02, $98, $01;DUE TONI PER '1'
0079  0362  02
0079  0363  9E
0079  0364  01
0080  0365  CD               .BYTE$CD, $02, $76, $01:   '2'
0080  0366  02
0080  0367  76
0080  0368  01
0081  0369  CD               .BYTE$CD, $02, $53, $01:   '3'
0081  036A  02
0081  036B  53
0081  036C  01
0082  036B  89               .BYTE$89, $02, $9E, $01 :  '4'
0082  036E  02
0082  036F  9E
0082  0370  01
0083  0371  89               .BYTE$89, $02, $76, $01 :  '5'
0083  0372  02
0083  0373  76
0083  0374  01
0084  0375  89               .BYTE$89, $02, $53, $01 :  '6'
0084  0376  02
0084  0377  53
0084  0378  01
0085  0379  4B               .BYTE$4B, $02, $9E, $01:   '7'
0085  037A  02
0085  037B  9E
0085  037C  01
0086  037D  4B               .BYTE$4B, $02, $76, $01:   '8'
0086  037E  02
0086  037E  76
0086  0380  01
0087  0381  4B               .BYTE$4B, $02, $53, $01:   '9'
0087  0382  02
0087  0383  53
0087  0384  01
0088  0385                   :FINE

ERRORS  0000 < 0000 >

SYMBOL TABLE

SYMBOL VALUE
ACR1      A00B      ACR2      AC0B      DELAY     0355      DELCON    00FF
DIGIT     0302      NOEND     030A      NUMPTR    00C0      OFF       034C
OFFDEL    0020      ON        033C      ONDEL     0040      PHONE     0300
T1CH      A005      T1LH      A007      T1LL      A004      T2CH      AC05
T2LH      AC07      T2LL      AC04      TABLE     035D      WAIT      0357

END OFF ASSEMBLY
```

Programma 4-4: Combinatore Telefonico (continua)

APPENDICE D

TABELLA DI CONVERSIONE ESADECIMALE

ES.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	00	000
0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	0	0
1	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	256	4096
2	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	512	8192
3	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	768	12288
4	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	1024	16384
5	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	1280	20480
6	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	1536	24576
7	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	1792	28672
8	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	2048	32768
9	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	2304	36864
A	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	2560	40960
B	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	2816	45056
C	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	3072	49152
D	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	3328	53248
E	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	3584	57344
F	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	3840	61440

5		4		3		2		1		0	
ES.	DEC	ES.	DEC	ES.	DEC	ES.	DEC	ES.	DEC	ES.	DEC
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1.048.576	1	65.536	1	4.096	1	256	1	16	1	1
2	2.097.152	2	131.072	2	8.192	2	512	2	32	2	2
3	3.145.728	3	196.608	3	12.288	3	768	3	48	3	3
4	4.194.304	4	262.144	4	16.384	4	1.024	4	64	4	4
5	5.242.880	5	327.680	5	20.480	5	1.280	5	80	5	5
6	6.291.456	6	393.216	6	24.576	6	1.536	6	96	6	6
7	7.340.032	7	458.752	7	28.672	7	1.792	7	112	7	7
8	8.388.608	8	524.288	8	32.768	8	2.048	8	128	8	8
9	9.437.184	9	589.824	9	36.864	9	2.304	9	144	9	9
A	10.485.760	A	655.360	A	40.960	A	2.560	A	160	A	10
B	11.534.336	B	720.896	B	45.056	B	2.816	B	176	B	11
C	12.582.912	C	786.432	C	49.152	C	3.072	C	192	C	12
D	13.631.488	D	851.968	D	53.248	D	3.328	D	208	D	13
E	14.680.064	E	917.504	E	57.344	E	3.584	E	224	E	14
F	15.728.640	F	983.040	F	61.440	F	3.840	F	240	F	15

APPENDICE E

TABELLA DI CONVERSIONE ASCII

ESAD.	BIT	0 000	1 001	2 010	3 011	4 100	5 101	6 110	7 111
0	0000	NUL	DLE	SPACE	0	@	P	–	p
1	0001	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
2	0010	STX	DC2	"	2	B	R	b	r
3	0011	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
4	0100	EOT	DC4	$	4	D	T	d	t
5	0101	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
6	0110	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
7	0111	BEL	ETB		7	G	W	g	w
8	1000	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
9	1001	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
A	1010	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
B	1011	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
C	1100	FF	FS	,	<	L	\	l	--
D	1101	CR	GS	–	=	M	]	m	}
E	1110	SO	RS	.	>	N	∧	n	~
	1111	SI	US	/	?	O	←	o	DEL

I SIMBOLI ASCII

NUL – Nullo
SOH – Inizio della testata
STX – Inizio del Testo
ETX – Fine del Testo
EOT – Fine della trasmissione
ENQ – Domanda
ACK – Riconoscimento
BEL – Campana
BS – Spazio posteriore
HT – Tabulazione orizzontale
LF – Incremento di riga
V – Tabulazione verticale
FF – Incremento di scheda
CR – Ritorno carrello
SO – Sposta fuori
SI – Sposta dentro
DLE – Perdita Collegamento Dati
DC – Controllo dispositivo
NAK – Riconoscimento negativo
SYN – Sincronismo non operativo
ETB – Fine del blocco di trasmissione
CAN – Cancella
EM – Fine del mezzo
SUB – Sostituto
ESC – Perdita
FS – Separatore di file
GS – Separatore di gruppo
RS – Separatore di record
US – Separatore di unità
SP – Spazio (Bianco)
DEL – Cancella

APPENDICE F

ISTRUZIONI DEL 6502 (IN ORDINE ALFABETICO)

ADC	Somma con riporto
AND	AND Logico
ASL	Spostamento Aritmetico a Sinistra
BCC	Opera diramazione se carry è zero
BCS	Opera diramazione se carry è uno
BEQ	Opera diramazione se risultato = 0
BIT	Verifica di bit
BMI	Opera diramazione se negativo
BNE	Opera diramazione se diverso da 0
BPL	Opera diramazione se positivo
BRK	Break
BVC	Opera diramazione se overflow è 0
BVS	Opera diramazione se overflow è 1
CLC	Azzera carry
CLD	Azzera il flag decimale
CLI	Azzera la disabilitazione interrupt
CLV	Azzera overflow
CMP	Confronta con l'accumulatore
CPX	Confronta con X
CPY	Confronta con Y
DEC	Decrementa la memoria
DEX	Decrementa X
DEY	Decrementa Y
EOR	OR Esclusivo
INC	Incrementa la memoria
INX	Incrementa X
INY	Incrementa Y
JMP	Salta
JSR	Salta alla subroutine
LDA	Carica l'accumulatore
LDX	Carica X
LDY	Carica Y
LSR	Spostamento logico a destra
NOT	Non opera
ORA	OR Logico
PHA	Introduce A
PHP	Introduce lo stato P
PLA	Estrae A
PLP	Estrae lo stato P
ROL	Rotazione a sinistra
ROR	Rotazione a destra
RTI	Ritorno da Interrupt
RTS	Ritorno da subroutine
SBC	Sottrae con riporto
SEC	Pone carry ad 1
SED	Pone decimale ad 1
SEI	Pone disabilitazione interrupt ad 1
STA	Immagazzina l'accumulatore
STX	Immagazzina X
STY	Immagazzina Y
TAX	Trasferisce A in X
TAY	Trasferisce A in Y
TSX	Trasferisce SP in X
TXA	Trasferisce X in A
TXS	Trasferisce X in SP
TYA	Trasferisce Y in A

Edizione Italiana del
MICROPROCESSOR INTERFACING TECNIQUES

L. 15.500

Cod. 504 B

GRUPPO
EDITORIALE
JACKSON

Rodnay Zaks

48